

ASPECTOS METALOGENICOS DEL NOROESTE ARGENTINO (PROVINCIAS DE SALTA Y JUJUY)

a la memoria del
Prof. Dr. Paul Ramdohr
(1890 - 1985)

Ricardo J. Sureda, Miguel A. Galliski, Pedro Argañaraz y Jorge Daroca

RESUMEN

En el noroeste argentino se distinguen tres épocas metalogénicas: I) Precámbrico Superior-Paleozoico; II) Cretácico-Eoceno; III) Eoceno-Holoceno, en las cuales han acontecido los fenómenos geológicos y los procesos metalogénicos conducentes a la formación de sus yacimientos minerales. Se han identificado veintitrés metalotectos que se describen junto a sus principales depósitos, la tiliación endógena o exógena de las fuentes, la sucesión deposicional singénica o epigénica de las menas, la importancia relativa de las concentraciones minerales y sus rasgos geológicos más destacados.

Los depósitos minerales hipogénicos de la primera época comprenden pegmatitas cámbricas de elementos raros con mineralizaciones de Nb-Ta-Li-Be; filones monometálicos de Fe, Cu, Pb o Ba en cajas preordovícicas; una faja metamórfica con silicatos de aluminio espacialmente asociada con pegmatitas graníticas portadoras de berilo y mica y ultrabasitas alcalinas presumiblemente carbónicas. A un destacado metalotecto de génesis mixta se atribuyen mineralizaciones estratiformes y filonianas de Pb, Zn, Ba e interesantes depósitos distales y campos filonianos de Au, Fe, Cu. En ambiente sedimentario se depositan calizas precámbricas, fosforitas biogénicas en litofacies ordovícicas de plataforma y una importante acumulación silúrica de hierro sedimentario marino.

Con la segunda época metalogénica se asocian al plutonismo granítico alcalino cretácico algunas paragénesis de Th(W-Nb-T.R.) y filones polimetálicos con (U-Ni-Co-Bi) Cu-Pb-Ag-Zn. Exogénicamente se desarrollan, en ambiente de rift y sedimentación táfrica, concentraciones minerales de dos tipologías estratoligadas diferentes: U-Cu-V en areniscas y Cu-Pb-Zn en calizas.

La última época, la más importante en la metalogenia andina, genera mineralizaciones hipogénicas variadas: Pórfidos de Cu-(Mo-Au); subvolcánicas vetiformes de Ag-Pb-Zn (Cu-Bi), Sb-Au, Ag-Sn; metasomáticas de Fe-(Cu) y numerosas rocas de aplicación. Depósitos exhalativos y termales de origen mixto incluyen presentaciones de Mn-Fe, Ag-Cu (Au-Hg), Sn-Fe-Ag, S, U y traverinos. En concentraciones exógenas ocurren depósitos de Cu-Au estratoligados en areniscas; evaporitas, en su mayoría de conexiones volcanogénicas, constituidas por sulfatos, cloruros y boratos; evaporitas recientes con carbonatos, sulfatos, boratos, cloruros y salmueras enriquecidas en Li, K, Mg, Sr, Rb, Cs. Las acumulaciones biogénicas y residuales incluyen diatomitas, turbas, caolín y arcillas. Existen placeres aluviales o eluviales con Sn, Au, Bi, y Nb-Ta-Bi.

La distribución de las mineralizaciones en el espacio y en el tiempo, se corresponde estrechamente con la historia geológica de las cuatro regiones morfoestructurales, metalogénicamente significativas, que participan en la conformación física de la región estudiada.

ABSTRACT

The mineral deposits of the Argentine North-West were formed by geologic phenomena and metallogenic processes pertaining to three different metallogenic epochs: I) Upper Precambrian-Paleozoic, II) Cretaceous-Eocene, III) Eocene-Holocene. Twenty three metalotects have been identified; they are described together with their principal deposits, their endogenic or exogenic provenance, the syngenetic or epigenetic depositional succession of the ores, the relative importance of the minerals concentrations and their most important geologic characteristics.

The hypogenic mineral deposits of the first epoch comprise: cambrian pegmatitic mineralizations of rare elements with Nb-Ta-Bi-Li-Be, preordovician monometallic veins that carry mica-beryl pegmatites, and possibly carboniferous alkaline ultrabasic dykes. There are also fissure veins attributed to an alkaline ultrabasic dykes. There are also fissure veins and stratabound Pb, Zn, Ba mineralizations as well as Au, Fe, Cu quartz vein fields attributed to an important metalotect of mixed genesis. Finally precambrian limestones, biogenic phosphorites in ordovician lithofacies and important silurian iron were accumulated in sedimentary environments.

In the second metallogenic epoch, associated to the c etaceous alkaline granites, polymetallic veins (U-Ni-Co-Bi) Cu-Pb-Ag-Zn and Th (W-Nb-R...) mineralizations are found. Development in exogenic cycle comprise sedimentation in taphrogenic troughs with two different stratabound typologies: U-Cu-V mineralizations of the Colorado Plateau type and Cu-Pb-Zn deposits of the Mississippi Valley Type.

The last and most important epoch in the Andean metallogeny has hypogenic mineralizations of: Cu-(Mo-Au) porphyries, Ag-Pb-Zn(Cu-Bi), Sb-Au and Ag-Sn epithermal veins, Fe-Cu metasomatic deposits and several industrial rocks and minerals. Exhalative and thermal spring concentrations, and travertine deposits. There are to be found different metallotects in exogenic environmental concentrations, and travertine deposits. There are to be found different metallotects in exogenic environmental concentrations: Cu-Au stratabound deposits in sandstones, tertiary evaporites with sulphates, chlorides and Li, K, Mg, Sr, Rb, Cs rich brines. The biogenic and residual accumulations include diatomites, peats, kaolin and clays. There are also eluvial and alluvial Sn, Au, Bi, and Nb-Ta-Bi carrying placers.

The time-space distributions of the mineralizations is found to be strictly related to the geologic history of the four metallogenetically significant morphostructural regions of the area surveyed.

INTRODUCCION

En esta contribución se resumen los conceptos utilizados por el grupo de trabajo en Recursos Minerales de la Universidad Nacional de Salta durante la elaboración del mapa metalogénico de las provincias de Salta y Jujuy (escala 1:500.000).

La información acerca de los yacimientos o manifestaciones minerales en el noroeste argentino procede de numerosos estudios, éditos o inéditos, realizados por técnicos y profesionales de diversas empresas y organismos oficiales o privados, como también de la experiencia personal de los autores.

Abundantes antecedentes registra la literatura geológica argentina sobre yacimientos minerales y metalogénesis: Stelzner (1873, 1885), Bodenbender (1905, 1922), Beder (1916, 1927, 1930, 1931), Stappenbeck (1918), Olsacher (1938, 1942), Sgrosso (1943), Angelelli (1950), Stoll (1964), Herrera (1965), Kittl (1965, 1966), Angelelli y Fernández Lima (1968, 1972, 1980), Angelelli et al. (1970), Angelelli (1971), Fernández Lima (1971), Oliveri (1971), Fernández Lima y Latorre (1978), Vallés (1980), Angelelli (1984), muchos de los cuales cubren provincias o regiones parciales de nuestro territorio. Sin duda la continua y meritoria labor del Prof. Ing. V. Angelelli ha delineado las bases de la metalogenia del país expuestas en el Mapa Metalogenético de la República Argentina (escala 1:2.500.000) (Angelelli et al. 1970).

El veloz incremento del conocimiento geológico en las regiones sudamericanas tanto en calidad como en el detalle de la información disponible, modifica paralelamente el marco conceptual de las interpretaciones metalogénicas y propicia sus periódicas actualizaciones. En tal sentido conviene señalar que nuestra labor sólo pretende aportar una visión de conjunto de los depósitos minerales identificados en el contexto geológico de la región, contexto que debe proporcionar los criterios válidos para su ordenamiento y clasificación metalogénica. Esta tarea ha de sumarse a la corriente de investigaciones que posibilitarán, en el futuro, la obtención de una carta metalogénica de sólidos fundamentos para el área del GEICOS.

En el trabajo se emplea el vocablo metalogenia en su sentido más amplio, acepción que permite incluir depósitos de elementos no metalíferos y rocas de aplicación cuyas connotaciones económicas tienen, en lo habitual, una correspondencia directa con los procesos geológicos de enriquecimiento y concentración de elementos químicos semejantes a los responsables de la formación de yacimientos metalíferos. Criterios similares se encuentran en la elaboración de la Carta Metalogenética de Europa escala 1:2.500.000 (1968-1982) y del Mapa Metalogenético del Brasil, escala 1:5.000.000 (1972).

Al considerar el factor tiempo en metalogenia, conviene destacar que se

adopta el vocablo *época* como unidad temporal mayor, en el convencimiento que tiene prioridad, uso internacional corriente e inequívoco significado geológico (de Launay 1913; Lindgren 1933). De esta manera, una época metalogénica cubre uno o varios períodos del tiempo geológico durante los cuales han acontecido fenómenos comunes de migración, concentración y depósito de ciertos elementos químicos, bajo determinadas condiciones geológicas, en un área definida. Entre la época metalogénica y la unidad temporal mínima o suceso--tiempo este último asociado, por ejemplo, a un pulso de mineralización hidrotermal o al depósito de un banco sedimentario-- puede utilizarse el intervalo como unidad intermedia, acotada también por fases diastróficas o acontecimientos geológicos documentados como metalogénicamente relevantes. Razones de escala y la imbricación geográfica de ocurrencias minerales con diferente edad y naturaleza genética aconsejan, en esta instancia, evitar el ordenamiento primario de los depósitos en provincias o subprovincias metalogénicas. Por ello hemos preferido describir metalotectos, en el sentido de unidades metalogénicas básicas, útiles como objetos físicos fácilmente identificables con las concentraciones minerales (Laffite et al. 1965, Nicolini 1970).

Varios metalotectos, de diferente naturaleza, pueden participar en la configuración de un yacimiento determinado que habitualmente se identifica con el metalotecto principal. La enumeración en orden decreciente de influencia de los metalotectos participantes puede iluminar la historia genética del yacimiento con toda la riqueza de matices e interrelaciones fenomenológicas capaces de acontecer en el medio natural. Los metalotectos más importantes muestran variantes internas significativas motivando la descripción de subtipos dependientes. En cada unidad es posible reconocer sus características más comunes, la filiación endógena o exógena de las fuentes, la sucesión deposicional singénica o epigénica y los principales

depósitos minerales asociados (Cuadro I).

El orden de la magnitud física o la escala del metalotecto no debe omitirse. Si bien existen escalas de impecable factura lógica como la propuesta por Nemec (1970), se adopta aquella de uso geológico convencional y generalizado. La integración suprarregional de metalotectos análogos permite delimitar, eventualmente, provincias metalogénicas o cinturones metalogénicos continentales.

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta su respaldo al Programa 053-J-11 y a la SECYT-CONICET los subsidios otorgados en distintas oportunidades. Los intercambios de ideas y experiencias con los colegas de la Universidad Nacional de Salta son siempre referencias y estímulos de valor. Son especialmente apreciadas las lecturas críticas del manuscrito realizadas por: Dra. M.K. de Brodtkorb, Dr. J.G. Viramonte, Dr. J.A. Salfity, Lic. S.A. Gorustovich y Geól. R.N. Alonso. La Fundación Alexander von Humboldt y el Prof. Dr. G.C. Amstutz han facilitado con generosidad una fructífera residencia académica del primer autor, en la República Federal Alemana, para el estudio de temas vinculados con la metalogenia del norte argentino.

DESCRIPCION DE LOS METALOTECTOS DEL NOROESTE ARGENTINO

Los depósitos minerales del noroeste argentino tienen distribución y características ligadas estrechamente a la historia geológica de las cuatro regiones morfoestructurales, metalogénicamente significativas, que participan en el área considerada: Puna, Cordillera Oriental, Sierras Subandinas y Sierras Pampeanas Septentrionales.

La naturaleza de los depósitos permite describir 23 metalotectos que acontecen en tres épocas metalogénicas bien definidas para estas comarcas (Cuadro I). Cada época metalogénica incluye al menos cierta actividad tectomagmática que se refleja en la formación de depósitos minerales con participación ígnea o metamórfica. Puede acontecer en una fase inicial o en varios episodios sepa-

rados por discordancias de diferente magnitud que, a su vez, condicionan el desarrollo de las cuencas sedimentarias y marcan el predominio de los metalotectos exógenos sobre los metalotectos de filiación endógena. La evolución geodinámica del segmento andino central de Sudamérica, entre los 18° y 26° de latitud sur, tiene marcada influencia en la distribución espacial y temporal de los metalotectos. Existen correspondencias con las principales fases diastróficas de los ciclos tectónicos sudamericanos y las cuencas sedimentarias afectadas. Los mecanismos de concentración en las últimas épocas metalogénicas se benefician con frecuencia del cuadro evolutivo precedente en ciertos procesos formativos, generalmente policíclicos, que participan del concepto conocido como herencia metalogénica.

EPOCA METALOGENICA I (Precámbrico Superior-Paleozoico)

Los terrenos más antiguos del noroeste argentino pertenecen a un cinturón móvil de elongación meridiana (Galliski 1981, Coira et al. 1982), activo entre los núcleos cratonizados de Arequipa, Guaporé y las Sierras Pampeanas durante el Precámbrico Superior. Están integrados por una potente sucesión de sedimentitas marinas turbidíticas, con algunas intercalaciones volcánicas puntuales (Toselli y Aceñolaza 1984, Omarini comunicación personal), y facies de plataforma, epiclásticas o calcáreas, más reducidas. Este conjunto muestra fuerte plegamiento y un metamorfismo termodinámico incipiente a través de la fase diastrófica Tilcárica. Plutonitas graníticas postcinemáticas de las Formaciones Cañaní, La Quesera y Cachi intruyen el zócalo epimetamórfico. La edad máxima K/Ar para la Formación La Quesera es de 601 m.a. \pm 65, pero una isocrona Rb/Sr revela la edad de 717 \pm 19 m.a., con una relación inicial $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} = 0,7055 \pm 0,0004$, lo cual indica que, a diferencia de la faja de granitoides paleozoicos, algunas de estas plutonitas precámbricas no tienen una evolución cortical pronunciada (Omarini et al. 1985). Las entidades actuales del basamento

afloran en una faja submeridiana comprendida entre los 54° 45' y 66° 30' de longitud oeste, desde la sierra de Santa Victoria en la frontera con Bolivia hasta la sierra de Quilmes en el sur de Salta. Ellas cruzan el límite convencional de los tiempos precámbricos penetrando en el Fanerozoico. Petrográficamente estas unidades son muy variables y gradan (Toselli y Oyarzábal 1984), desde migmatitas o metamorfitas de mediano y alto grado, bajo los episodios termo-metamórficos sobreimpuestos en ambiente de Sierras Pampeanas --Complejo Agua del Sapo y Complejo Tolombón--, a las leptometamorfitas y sedimentitas del Grupo Lerma (Salfity et al. 1975) en el tramo central y norte de la faja, especialmente expuestas en los ambientes de Cordillera Oriental.

Sobre este basamento se desarrolla el ciclo sedimentario cambro-ordovícico representado por las cuarcitas de plataforma del Grupo Mesón (Turner 1960a) y los depósitos epiclásticos ordovícicos, mucho más extendidos y bien documentados en su registro fosilífero, correspondientes al Grupo Santa Victoria (Turner 1960a). La fase diastrófica Guandacóllica, en el Arenigiano superior-Llanvirniano, afecta la cuenca eopaleozoica con la emergencia de un protoarco en la Cordillera Oriental (Salfity et al. 1984) y el vulcanismo sincrónico de la Puna, inicialmente espilitico y luego calcoalcalino (Schwab 1971, Coira 1973 y 1975), cuyos asomos configuran un extenso arco volcánico (Coira et al. 1982). El evento puede incluir el magmatismo ultrabásico de Salar de Pocitos (Argañaraz et al. 1973) asimilable con las presentaciones más australes que se interpretan como complejos ofiolíticos de subducción (Allmendinger et al. 1982), parte del metamorfismo de la Formación Oire (Omarini et al. 1984) y algunos plutones postcinemáticos de las Sierras Pampeanas Septentrionales como el granito Cafayate (Rapela 1976). El ciclo sedimentario concluye en la fase Oclóyica con la emergencia definida del arco puneño controlando la sedimentación clástica silurodevónica en un marco geográfico más restringido (Salfity 1980).

CUADRO I

[illegible]

Varias unidades de superficie y subsuelo (Formaciones Zapla, Salar del Rincón y equivalentes) integran el nuevo ciclo sedimentario. El régimen talasocrático entra en un curso regresivo sin precedentes para toda la región y en adelante se afianzarán progresivamente los dominios continentales en la evolución geológica del norte argentino. La culminación del ciclo Famatiniano permite contemplar definitivamente consolidada la acreción periférica de entidades paleozoicas al Cratógeno Central Argentino y el plutonismo granítico apotectónico asociado con la fase Chánica penetrando diversas formaciones eopaleozoicas. El cuadro geológico durante el Paleozoico Superior-Triásico, relevante en el ámbito precordillerano, se encuentra aquí representado marginalmente y no existen evidencias metalogénicas claras atribuibles al lapso indicado.

La época metalogénica incluye un primer intervalo talasógeno donde se han reconocido seis metalotectos, tres de los cuales yacen en el basamento pre-tilcárico. De los tres restantes existen dos de acentuada filiación exógena que pertenecen a las cuencas sedimentarias de los mares ordovícicos. En el segundo intervalo se identifican tres metalotectos. El más importante es de naturaleza sedimentaria y edad silúrica. Los otros dos, de filiación magmática, podrían estar vinculados con el plutonismo apotectónico del ciclo Famatiniano.

1. Calizas carbonosas de plataforma

En la Cordillera Oriental de Salta y Jujuy afloran unas calizas negras, grises o azules, invariablemente oscuras, de grano fino y cantidades irregulares de materia orgánica. Estratigráficamente próximas a la base del Grupo Lerma (Salfity et al. 1975, Baldi y Omarini 1984) pertenecen a los términos más antiguos conocidos del Precámbrico Superior de la comarca. Son micritas macizas, en general recrystalizadas en microesparitas y con exoclastos félsicos menores al 2%. Yacen en bancos de 0,5 a 1 metro de espesor cruzados por vénulas blancas de

calcita esparítica y ocasionalmente cuarzo ftanítico. Constituyen la Formación Volcán (Loss y Giordana 1952) en la margen izquierda de la quebrada de Humahuaca y la Formación Las Tienditas (Ortiz 1962) en las cumbres del Castillejo, al SE de la ciudad de Salta. Ambas entidades son similares, correlacionables y muy homogéneas formando mantos homoclinales, fuertemente buzantes, de 50 a 400 metros de espesor, cuyos asomos saltuarios sólo se observan por escasos kilómetros. Las rocas han perdido importantes rasgos deposicionales y se refieren al metabolismo de las extensas matas algales fotosintéticas que, a partir del Precámbrico Medio, comparten el último estadio evolutivo de la atmósfera planetaria. A diferencia de algunas formaciones calcáreas primitivas como las del Grupo Bambuí (Cassedanne 1969) no desarrollan estromatolitos y carecen de mineralizaciones estratiformes de Pb y Zn. Se describen como calizas cristalinas y en Volcán pertenecen a la anquizona del metamorfismo regional de muy bajo grado (Toselli 1981). Pocas veces la recrystalización metamórfica proporciona cuerpos pequeños aptos para labrar mármol.

Económicamente, las calizas se destacan por los bajos contenidos de SiO_2 y MgO que las convierten en óptima materia prima para la industria cementera. La Formación Volcán proporciona unas 400.000 t/año con ese destino. La estimación de reservas sobre las calizas aflorantes entre las localidades de León y Volcán es 70×10^6 t (Monchablón 1976). El análisis promedio de un lote de 100 muestras procedentes de la Formación Las Tienditas tiene el siguiente contenido: 97,40% de CaCO_3 ; $\text{SiO}_2 = 1,1\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,21\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,01\%$; $\text{MgO} = 0,3\%$ (Iturriza 1981). El empleo industrial de las calizas precámbricas se ha visto favorecido por las impurezas de las formaciones carbonáticas fanerozoicas del noroeste argentino, muy dolomitizadas o con elevada proporción de sedimentos clásticos.

Por otro lado, las calizas precámbricas proporcionan variedades dolomíticas de buena calidad. En la quebrada de

Tumbaya Grande, Jujuy, la cantera Agua Chica ha llegado a extraer 40.000 t/año. La dolomita es de grano fino y color gris oscuro, en bancos irregulares y lentiformes intercalados en las secciones basales del Grupo Lerma. Los bancos dolomíticos asoman a lo largo de un kilómetro con espesores variables, próximos a los 20 metros (Romani 1961).

2. Pegmatitas de elementos raros

El metalotecto comprende las pegmatitas del distrito minero El Quemado, situado en el extremo septentrional de las Sierras Pampeanas. Abarca unos 400 km² en el tramo norte de la sierra de Cachi, donde predominan las rocas del basamento cristalino (Formación Puncoviscana) integrada por ectinitas que han sufrido al menos dos episodios de metamorfismo regional, y por un conjunto de plutonitas epizonales trondhjemíticas (Formación Cachi) que intruyen la secuencia anterior.

Son pegmatitas plumasíticas, en su mayoría complejas y ricas en elementos como Nb-Ta-Bi-Li-Be. Los cuerpos son tabulares, con longitudes de cientos de metros y potencias entre 4 y 30 metros, rumbos dominantes al NO e inclinaciones altas, en general al SO. La estructura zonal interna de las pegmatitas es similar en todo el distrito, con zonas de borde y externas de cuarzo-plagioclasa-moscovita, intermedias de cuarzo-plagioclasa-microclino-moscovita y núcleos de cuarzo. La génesis es debida a la cristalización fraccionada de fluidos pegmatógenos enriquecidos en volátiles, provenientes de los diferenciados póstumos de la cristalización del magma trondhjemítico, los cuales han sido intruidos por un proceso polipulsatorio en las rocas de caja. En algunas pegmatitas se reconocen dos pulsos de reemplazo, el primero sódico y el segundo lítico. La zonación regional comprende pegmatitas ricas en K, próximas a los intrusivos, con Na dominante en posiciones intermedias y cuerpos ricos en Li en los límites externos del sistema zonal (Galliski 1983a).

En base a dataciones geocronométricas

la edad mínima del metalotecto se ubica en el Cámbrico Inferior a Medio (564 ± 25 m.a. - 523 ± 20 m.a.) (Galliski 1983a).

El emplazamiento de las plutonitas apotectónicas de la Formación Cachi, en relación a la fase Tilcárica del ciclo Pampeano, se corresponde sincrónicamente con una actividad magmática destacada en áreas centrales de las Sierras Pampeanas señalada por Kilmurray y Dalla Salda (1977) y Ramos y Ramos (1979). A escala mundial y desde el punto de vista geotectónico, es interesante señalar que los metalotectos de pegmatitas de elementos raros se insertan típicamente en los bordes de plataformas cratonizadas (Nedumov 1964).

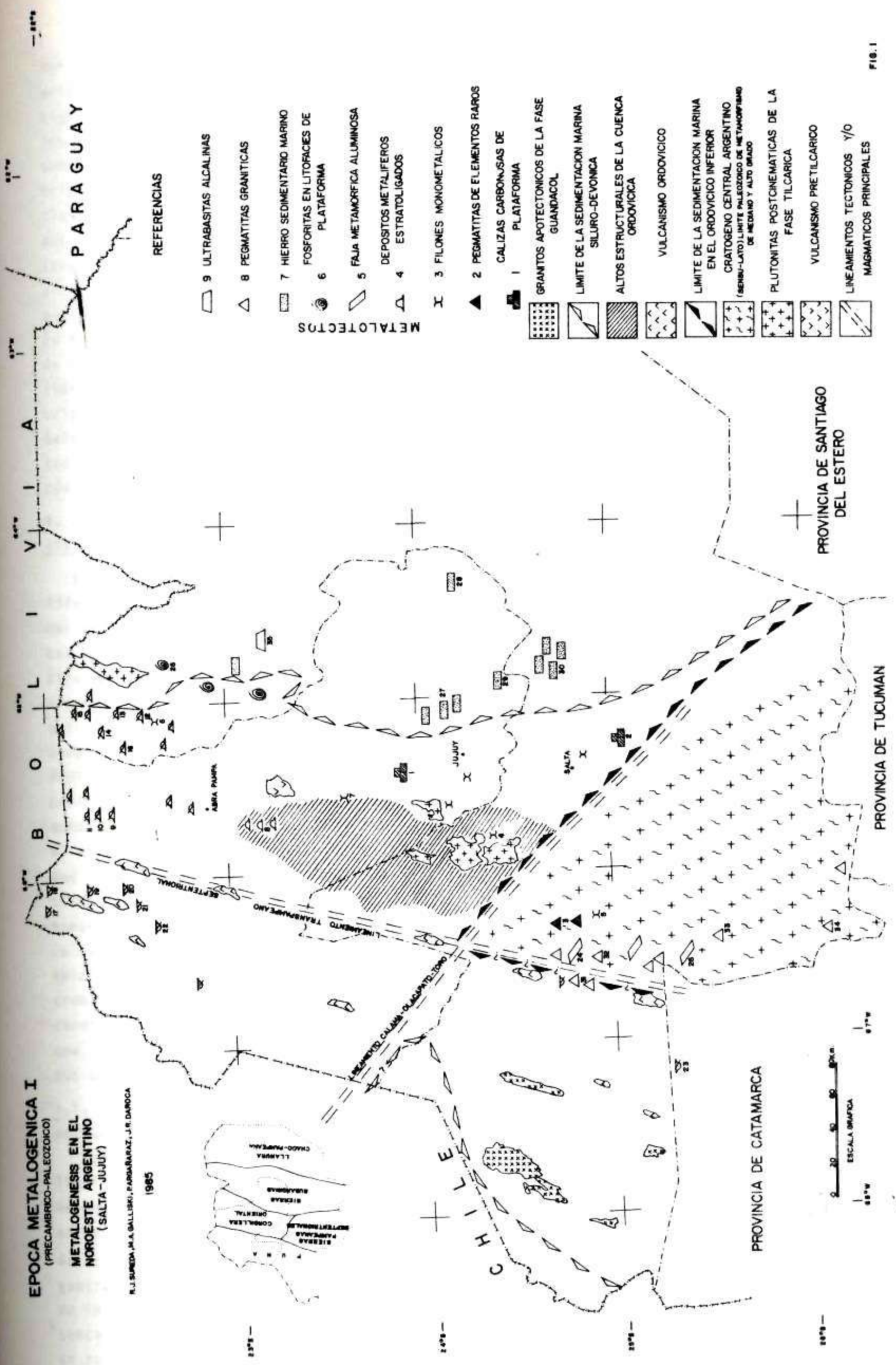
La mineralogía económicamente destacada incluye: niobita, tantalita, microlita, tapiolita, bismuto, bismutinita, bismutita, lepidolita, espodumeno, montebrasita y berilo. El distrito constituye la acumulación de Nb y Ta más importante de la Argentina y alberga también interesantes recursos en Li. Su explotación precaria en el lapso 1943-45 produjo 10 toneladas de concentrados de columbita y 5 toneladas de concentrados de bismuto.

3. Filones monometálicos (Fe, Cu, Pb, o Ba)

Es un metalotecto escasamente representado y sin mayores perspectivas económicas. Agrupa los filones emplazados en el basamento pre-tilcárico y menos frecuentemente, en sedimentos cámbricos del Grupo Mesón. Como ejemplos se pueden citar las minas Inca (Fe) Edith Luisa (Cu), Titiorco (Pb) y María Cristina (Ba). Estos depósitos ocurren en la Cordillera Oriental, Puna y Sierras Pampeanas Septentrionales de manera saltuaria, sin configurar distritos mineros definidos. Sus vinculaciones genéticas son oscuras y posiblemente variadas. Algunos podrían responder a derivaciones hidrotermales de plutonitas antiguas (Formación La Quesera, Formación Cañaní y equivalentes), en general estériles. En otros casos, tampoco es posible descartar la existencia de filones descendentes, implantados en el zócalo

EPOCA METALOGENICA I (PRECAMBRICO-PALEOZOICO) **METALOGENESIS EN EL NOROESTE ARGENTINO (SALTA-JUJUY)**

R. J. SUREDA, M. A. GALLISKI, P. GONZALEZ, J. R. DARGO
1985



0 20 40 60 80 km
ESCALA GRAFICA

con posterior remoción erosiva de la unidad matriz de cobertura. De mayor significado metalogénico se consideran los indicios de un vulcanismo coetáneo con el depósito de los sedimentos precámbricos. Los autores han detectado litoclastos de vulcanitas en los conglomerados de base del Grupo Mesón en varias localidades nortenas muy distantes entre sí. Ultimamente se han reconocido diques y mantos de lavas en niveles de la Formación Puncoviscana, en la quebrada de Coraya, Jujuy (Toselli y Aceñolaza 1984). Asimismo, las rocas ígneas descritas por Vilela (1956) en río Blanco, Salta, son reinterpretadas como intercalaciones volcánicas en la Formación Puncoviscana (Omarini comunicación personal).

4. Depósitos metalíferos estratoligados (Pb, Zn, Ba, Au, Fe, Cu)

El apartado reúne los depósitos metalíferos estratoligados a los sedimentos marinos del Ordovícico Inferior a Medio. Los ambientes sedimentarios del Ordovícico Inferior marino en el noroeste argentino incluyen plataformas someras ubicadas al norte y al oriente de las comarcas emergidas pertenecientes a los dominios septentrionales del Cratógeno Central Argentino. Estos ambientes exondan hacia el oeste donde reciben el aporte de un vulcanismo tholeítico que se ha iniciado con derrames espiliticos y evoluciona hacia términos definitivamente calcoalcalinos (Coira et al. 1982). La sucesión deposicional es eminentemente epiclástica, con neto predominio de areniscas y lutitas en las secciones conocidas. Las yacencias mineralizadas que se insertan en los estratos ordovícicos permiten diferenciar tres subtipos:

4.1. Depósitos estratiformes en altos estructurales (Pb-Zn-Ba)

Son depósitos asociados a las escasas litofacies ortocuarcita-carbonato conocidas en el Ordovícico más temprano del norte argentino. Incluyen las yacencias de la sierra de Aguilar ubicadas paleogeográficamente en altos estructurales de la cuenca cambro-ordovícica. Al presente, la sierra de Aguilar configura un horst de elongación norte-sur que se

extiende unos 60 km por el límite oeste de la Cordillera Oriental, en la provincia de Jujuy. Consiste en un núcleo plegado de sedimentitas paleozoicas marinas penetradas por los granitos cretácicos de Aguilar y Abra Laite. Existen numerosas ocurrencias de Pb y Zn (minas Tapada, Aguilar, Oriental, Esperanza, Hueco, Zarzo, Quera, Toldo, Pozo Bravo, etcétera). La mineralización principal (blenda, pirita, galena, pirrotina) yace básicamente en las Formaciones Cuarcitas Aguilar y Padrioc, cuyos protolitos sedimentarios y sedimentitas se depositaron en el Ordovícico Inferior, y en menor grado se extiende a las Formaciones Despensa y Acoite, esta última con fósiles arenigianos (Alonso et al. 1982). Se ha identificado una concentración primaria de minerales metalíferos, de naturaleza singenética, que se vincula con la existencia de trampas biogeoquímicas litorales activas en el Tremadociano (Sureda y Amstutz 1981). La mayor parte de los depósitos han sufrido metamorfismo de contacto, con diferente intensidad, durante la intrusión de los granitos. Las modificaciones metamórficas sobre las rocas psamopelíticas, calizas y menas son responsables de una variada mineralogía que supera las sesenta especies reconocidas (Brodtkorb et al. 1978).

En mina Aguilar, la sección estratigráfica favorable comprende unos 200 metros de espesor correspondiente a la Formación Cuarcitas Aguilar, configurando una estructura homoclinal mayor, buzante 70° al oeste, sección que se extiende por unos 2,5 km en el borde suroccidental del Granito Aguilar. Dentro de esta sección, las unidades mineralizadas conforman 9 o 10 cuerpos concordantes, tabulares o elipsoidales, cuyas dimensiones oscilan entre 150 a 1000 metros de longitud, 50 a 300 metros de ancho y 5 a 80 metros de potencia. Estas unidades son subparalelas y sus ejes principales, de rumbo groseramente meridiano, se hunden suavemente hacia el sur. El conjunto se encuentra plegado y metamorfozido, cruzado por fracturas

de diferente edad y desplazamiento, lo cual dificulta considerablemente las tareas mineras. La mineralización yace en metacuarcitas, skarn y corneanas con diversas presentaciones texturales mesocópicas. Predominan las menas en brechas y bandeadas, luego la mineralización diseminada, mientras que el relleno de fisuras y las menas macizas de sulfuros son poco abundantes. Se reconocen asociaciones con metamorfismo sin removilización, con metamorfismo y removilización y localmente asociaciones epigenéticas con aportes metasomáticos o hidrotermales. Las asociaciones descendentes o supergénicas carecen de relevancia.

Mina Aguilar es uno de los principales centros mineros de la Argentina (Spencer 1950) y ha proporcionado más de 20×10^6 t de menas de Pb y Zn en los últimos cincuenta años. La producción oscila en 2000 a 2100 t/día de mena con un promedio de 5,5% Pb, 6,2% Zn y 60-110 g/t Ag. La explotación, de carácter subterráneo y a 4400 m.s.n.m., incluye unos 80 km de galerías en 20 niveles y algunas labores superiores a cielo abierto que facilitan una notable exposición de la mineralización y las estructuras geológicas. Una planta de flotación en El Aguilar proporciona concentrados de ZnS y PbS. Parte de la producción, tanto en concentrados como en lingotes de plomo y zinc, se destina a la exportación.

4.2. Campos filonianos de Pb-Zn-Ba (Cu)

En la región de la Cordillera Oriental limítrofe con Bolivia yacen numerosas manifestaciones filonianas de plomo y zinc, en ganga de cuarzo, baritina y ankerita, alojadas en formaciones sedimentarias ordovícicas. La extensión del metalotecto a lo largo de la Cordillera Oriental argentino-boliviana, se observa por 500 km entre las ciudades de Salta y Sucre. Incluye los distritos mineros de Tupiza, Santa Victoria y Pumahuasi, estos últimos en territorio argentino.

El distrito Pumahuasi-Cangrejillos se ubica al SE de la Quiaca donde ocupa un área de 120 km^2 con numerosas vetas de Pb y Zn emplazadas en areniscas y lutitas

de la Formación Acoite (Beder 1928, Cosentino 1974). Estructuralmente, el área configura un graben delimitado al oeste por una extensa fractura regional de rumbo NN0-SSE que pone en contacto las sedimentitas ordovícicas con una sección de areniscas y conglomerados continentales cretácicos del Subgrupo Pirgua, inalterado y estéril. En el distrito minero la yacencia de las vetas es consecuente con el modelo de plegamiento y fracturación que afecta a la Formación Acoite, sin relación directa con cuerpos extrusivos o intrusivos. Los ejes de los pliegues tienen dirección general norte-sur y la mineralización muestra una correspondencia directa con la intensidad de la deformación. Las vetas de las minas Bélgica, Pulpera, San Marcial, Sol de Mayo y General Leman yacen en fracturas tensionales, normales a los ejes de plegamiento. Las vetas de las minas Pumahuasi, Nueva y La Perla pertenecen a las fracturas de cizalla que forman ángulos variables entre 40° y 60° con el eje principal de esfuerzo. Los filones tienen corridas entre 200 y 300 metros, son subverticales y muestran una potencia media de 0,50 metros. La mineralogía es simple: blenda, galena y pirita con pequeñas inclusiones de calco pirita, tetraedrita, arsenopirita y un contenido de plata muy bajo, inferior a 100 g/t. Es notable la presencia de anomalías de plomo y zinc en las lutitas carbonosas de los afloramientos de la Formación Acoite con valores máximos de 4500 partes por millón. La alteración hidrotermal, prácticamente inexistente, se limita a escasa sílice, clorita y sericita en las salbandas. Con frecuencia las secciones más deformadas de la Formación Acoite se encuentran disectadas por numerosas venillas de cuarzo y baritina, concordantes o discordantes con la estratificación. La deformación y el emplazamiento epigénico de las vetas se asignan a una fase diastrófica previa al depósito del Subgrupo Pirgua. Este conjunto ha sido dislocado con los importantes movimientos del ciclo Andino.

El distrito Santa Victoria, 70 km al este de la Quiaca, es muy semejante a

Pumahuasi-Cangrejillos y se encuentra en la vertiente oriental de la sierra de Santa Victoria. Las vetas de las minas Poscaya, Mono Abra, Santa Rosa, Vizcachani y La Ciénaga, con las manifestaciones menores Vizcachani Norte, Elisabeth, Don Alberto Puca Aipa, María Elena, San Cayetano y María Marquesa entre otras, encajan en las formaciones ordovícicas con rumbos preferentemente NO-SE. La mineralogía, corrida y potencia media de estas vetas son similares a las descriptas precedentemente. Pese a la naturaleza epigenética de las vetas, los datos isotópicos preliminares obtenidos sobre plomo son compatibles con la filiación exógena de la mineralización (Brown 1962) mientras que los correspondientes a Sr^{87}/Sr^{86} sobre baritina evidencian circulación de soluciones hidrotermales de origen anatéctico. Este subtipo se interpreta provisoriamente como movilizaciones de origen tectomagmático sobre preconcentraciones sedimentarias del Ordovícico Inferior.

En algunas vetas de este apartado, la baritina constituye la mena y su explotación y reservas participan como un renglón destacado en la minería regional. Después de Neuquén, la provincia de Jujuy extrae la mayor cantidad de baritina en Argentina y su producción se destina casi exclusivamente a la perforación de pozos petrolíferos. Las mayores reservas de la región, estimadas en 2×10^6 t, pertenecen a la mina Mono Abra (Meilán 1980, Argañaraz 1982).

4.3. Campos filonianos y depósitos distales de Au, Fe y Cu

Las manifestaciones de este apartado se encuentran en su mayoría localizadas en las áreas distales, profundas, de la cuenca ordovícica de la Puna argentina. Se pueden seguir desde el límite argentino-boliviano --distritos Santa Catalina y Rinconada-- hacia el sur donde su punto de culminación es la mina Incahuasi, en la Puna catamarqueña. Los depósitos están formados por vetas, vénulas o gufas ramificadas de cuarzo blanco, con frecuencia teñido por ocre limoníticos. Las vetas se alojan en

lutitas, pizarras y areniscas con potencias muy variables, generalmente decimétricas, aunque pueden alcanzar 8 metros como en la mina Rinconada de Jujuy. Estructuralmente no existe una relación definida entre la deformación y el emplazamiento. Áreas fuertemente deformadas incluyen por igual vetas y cajas, en cambio, otras ocurrencias no muestran perturbación tectónica. La mineralogía es sencilla: oro libre en cuarzo, pirita y ocasionalmente calcopirita y arsenopirita. Por regla común los filones potentes son pobres en oro y a la inversa, ricos los veneros delgados. Son conocidas las pertenencias mineras Casablanca, Azules, San Francisco, Oratorio, Timón Cruz, Yankana, El Cóndor, La Argentina y La Descubridora entre otras. Los registros históricos de producción sobre veta muestran leyes muy variables entre 2 y 304 g/t Au. Con frecuencia las lutitas de la Formación Acoite contienen tenores elevados de oro. En algunos depósitos las vénulas de cuarzo podrían responder a fenómenos de exudación o secreción lateral en un campo diagenético avanzado. Generalmente, estos filones auríferos son fuente de placeres fósiles y recientes (Kittl 1925).

Las vetas cupríferas pertenecientes a este subtipo son numerosas en la provincia de Jujuy; en la quebrada de Humahuaca y en el cordón de Escaya (Ahlfeld 1948, Turner 1958, Chomnales 1975, 1976, Chomnales y Giuliani 1978). Por lo común, la distribución de mineral no se limita a las vetas y se extiende en ramificaciones cuarzosas por las microfisuras y planos de fisilidad de las lutitas. Pirita y calcopirita son los minerales principales, la bornita es escasa y en los limitados reemplazos supergénicos abundan calcosina, covellina y malaquita. Se han detectado algunas anomalías y mineralizaciones con Pb, Zn, Mn y Sn. Los depósitos, de filiación endógena, se relacionan con las rocas volcánicas y volcanoclásticas descriptas en los ambientes distales del mar ordovícico durante el Arenigiano-Llanvirniano (Schwab 1971, Coira 1973, 1975). Se

interpretan como manifestaciones exhalativas de la fase Guandacólica en la Puna argentina y boliviana. El magmatismo del ciclo Famatiniano, asociado con los movimientos guandacólicos ha tenido singular relevancia en el Paleozoico (Salfity et al. 1984). Las litofacies serían parte de un arco volcánico tholeítico muy extenso de casi 1300 km de longitud entre Cochabamba y La Rioja, en el Ordovícico Medio (Coira et al. 1982).

5. Faja metamórfica aluminosa

Desde la latitud del salar de Pastos Grandes en el norte de la Puna austral y en dirección al sur, se conocen afloramientos de rocas metamórficas que, puntual y repetidamente, presentan concentraciones anómalas de silicatos de aluminio. La cantera La Esperada y los alrededores de Ochaqui contienen estas manifestaciones septentrionales bajo la forma de andalucita, en cristales pardo rojizos que suelen superar los 10 cm de largo, desarrollados preferentemente en los contactos entre esquistos y vetas cuarzosas. El metalotecto queda cartográficamente comprendido en un complejo cristalofílico, de elongación meridiana, conocido como Formación Oire (Turner 1960b), el cual penetra profundamente por el sur en la provincia de Catamarca y pertenece al ambiente de las Sierras Pampeanas Septentrionales.

Al oeste de Tacuil, en los parajes del cerro Blanco y Barrancas próximos al límite provincial Salta-Catamarca, existen acumulaciones de sillimanita que han sido objeto de los primeros estudios (Hayase y Prozzi 1966, 1970, Pagés 1967). La sillimanita se encuentra asociada a esquistos micáceos en presentaciones de varios tipos, generalmente como nódulos y venas de cuarzo concordantes, donde forma haces de hábito fibroso a prismático. Hermosos ejemplares de cianita, en muestras de grandes dimensiones formadas por agregados cristalinos puros de fibras largas, proceden de afloramientos ubicados en el paraje Vicuña Muerta en las proximidades del cordón del Oire Grande, al oeste de Luracatao.

La formación de los depósitos ha sido atribuida a un proceso de varias etapas que incluye metamorfismo regional de sedimentos pelíticos, hidrotermalización difusa del producto, quizás con catalización producida por boro y reacciones consecuentes que involucran transformación de biotita, feldespato y moscovita en silicatos de aluminio y cuarzo, con migración del feldespato remanente. La amplitud del campo de metamorfismo regional hacia el oeste alcanza el cordón de Copalayo, afectando los sedimentos pelíticos y arenosos del Ordovícico Inferior marino (Formación Copalayo, Formación Falda Ciénaga y equivalentes), (Viramonte et al. 1975).

La edad del metalotecto, en sincronismo con el evento metamórfico, correspondería al Ordovícico Medio (472 m.a.) conforme a las dataciones geocronométricas de la Formación Oire en la Puna Austral (Omarini et al. 1984). Esta edad coincide con el clímax de la evolución termo-metamórfica del basamento de las Sierras Pampeanas Septentrionales durante el ciclo orogénico Famatiniano (Aceñolaza et al. 1980). De esta manera el metalotecto forma parte del basamento configurando una faja de longitud considerable mediante la cual numerosas entidades protolíticas eopaleozoicas se han incorporado al Cratógeno Central Argentino. A pesar del incipiente conocimiento de esta faja metamórfica, su extensión permite valorar la importancia potencial del metalotecto como proveedor de materiales refractarios aluminosos.

6. Fosforitas en litofacies de plataforma

Las manifestaciones de fosforitas se intercalan en niveles sedimentarios marinos del Ordovícico Medio a Superior (Llanvirniano-Caradociano). El metalotecto se extiende por el borde occidental de las Sierras Subandinas, desde la sierra de Zapla a la cordillera de Cochabamba en Bolivia, a lo largo de 700 km de elongación meridiana (Leanza 1972).

Son concentraciones biogénicas liga-

das a la tanatocenosis del braquiópodo *Lingula*, de conchillas fósiles, que yacen en determinados niveles, con preferencia pertenecientes a las ortocuarcitas grises de las Formaciones Labrado y Centinela (Mastandrea y Leanza 1975). Las prospecciones realizadas sobre una franja de 220 km de largo, entre el río Capillas en Jujuy y la frontera boliviana, han permitido seleccionar siete áreas favorables ubicadas en las quebradas de los ríos Rangel, Ocloyas, Porongal, Alisar, Iruya, Negro y Condado (Pancetti et al. 1975). Investigaciones recientes amplían la antigüedad del metalotecto al Ordovícico Inferior con la identificación de fosforitas pertenecientes a las formaciones Casayoc y Azul Pampa --Tremadociano inferior-Arenigiano superior-- en la Cordillera Oriental de la provincia de Jujuy (Fernández 1983).

Estas fosforitas bioclásticas de plataforma son irregulares en su yacencia y altamente erráticas en su ley mineral, con máximos de 17% de P_2O_5 . Los bancos tienen en su mayoría espesores entre pocos centímetros a un metro; sólo en una sección se han medido 2,5 metros. Existe un cierto contraste con las tipologías de fosforitas químicas depositadas en ambientes marinos favorables, con tenores del 30% de P_2O_5 , que constituyen las principales fuentes de fósforo en el mundo. Sin embargo es posible, con los actuales requerimientos de fertilizantes, explotar las ocurrencias más favorecidas en volumen, contenido y ubicación geográfica.

7. Hierro sedimentario marino

Este importante metalotecto está representado por depósitos oolíticos de hierro a lo largo de una franja litoral situada en el borde oeste de la ingresión marina del Silúrico Inferior (Formación Zapla), (Schlaginweit 1943, Angelelli 1946). Los horizontes ferríferos son varios, pero se destacan dos principales ubicados hacia la base de la Formación Lipeón. Esta entidad muestra sedimentitas clásticas finas, wackas y limolitas grises o verdes, y se apoya sobre las turbiditas y diamictitas de

la Formación Zapla. Ambas unidades tienen idéntica expansión areal e integran un ciclo sedimentario único que se prolonga en tiempos devónicos.

El examen paleogeográfico revela una cuenca que se extiende por centenares de kilómetros desde el sur del Perú hasta el subsuelo de Santiago del Estero en la Argentina. La Formación Zapla tiene un espesor máximo de 755 metros en su depocentro de Potosí, Bolivia. En nuestro país los afloramientos silúricos comprenden el ámbito de las Sierras Subandinas desde el límite internacional hasta la sierra del Gallo en Salta. Existen asomos ferríferos en las sierras de Zapla, Puesto Viejo, Santa Bárbara, Centinela, Calilegua, Zenta, Cinco Picachos y Santa Victoria (Lurgo 1974, Chomnals 1978a, Boso comunicación personal). Por su proximidad a los centros urbanos y excelencia de la infraestructura disponible, se destacan los depósitos de Zapla y Puesto Viejo en Jujuy, y Unchimé en Salta.

La formación de la mena habría tenido lugar en dos etapas. La primera incluye la precipitación del hierro, bajo un clima subtropical a tropical húmedo, como silicato (chamosita) o carbonato (siderita) en un ambiente reductor poco profundo, con un aporte terrígeno a la franja litoral desde el oeste. Se llega así a una roca primaria, arenisca wackica chamosítica, con oolitas, paraclastos, litoclastos y una ley baja; 20 al 30% de Fe_2O_3 . La segunda etapa, de naturaleza diagenética, implica un ambiente oxidante y de acentuada acidez con expulsión de sílice de la roca, reemplazo por hematita y condensación de la matriz pelítica (Bossi y Viramonte 1975). El contenido de hematita crece de un 5% a un 80% y la ley de la mena puede alcanzar el 58% de Fe_2O_3 .

La mina 9 de Octubre, en el flanco oeste del anticlinal de la sierra de Zapla, explota actualmente el horizonte ferrífero principal. El banco tiene una potencia promedio entre 1 a 2 metros, una ley de 47% de Fe_2O_3 y 0,9% de P_2O_5 . Las minas 9 de Octubre y Puesto Viejo producen 20.000 t/mes de concentrados de

hierro destinados a los altos hornos de Palpalá. Los recursos potenciales son considerables, pero pueden cubrir la demanda previsible de la industria siderúrgica únicamente con menas de hierro de baja ley.

8. Pegmatitas graníticas

Los diferenciados filonianos graníticos de naturaleza simple que son portadores de mica comercial y berilo, se distribuyen saltuariamente en el flanco sudoriental de la Puna salteña y se extienden de igual modo en el extremo norte de las Sierras Pampeanas. Se los encuentra en el Cordón de Centenario y en los Nevados de Luracatao desde el área de Ochaqui hasta el sur del cerro Blanco. El metalotecto comprende las pegmatitas postcinemáticas cuyo emplazamiento ha acontecido, en el Devónico-Carbónico, con el cierre del ciclo Famatiniano y supone un sincronismo aceptable con los picos de actividad magmática posttectónica en las Sierras Pampeanas Meridionales (G3 de Kilmurray y Dalla Salda 1977, Ramos y Ramos 1979). Un dato geocronológico obtenido sobre moscovita de las pegmatitas de Tarón en Salta las incluye en esta unidad.

Las pegmatitas micacíferas de Centenario penetran forzosamente los esquistos metamórficos de grado medio a alto de la Formación Oire (Viramonte et al. 1975). Son cuerpos tabulares, semiconcordantes, de rumbo general meridiano, potencias de uno a dos metros y corridas promedio de 10-20 metros que excepcionalmente llegan a 100-200 metros (Turner 1964b). En general son pegmatitas azonales constituidas esencialmente por cuarzo, microclino perfitico, plagioclasa, moscovita y chorro. Pegmatitas productoras de moscovita de mineralogía similar, pero no más ricas en feldespato potásico, han sido explotadas en la corrida norte de la sierra del Cajón, al SO de Cafayate, en un contexto geológico semejante. Tienen relaciones largo/espesor menores y geometría irregular.

Entre Tacuil y salar de Diablillo, en la zona del cerro Blanco, existen pegmatitas en grandes dimensiones con corridas

del orden de miles de metros y potencias de hasta 25 metros (Castillo 1978). Tienen contactos netos, escaso desarrollo zoneográfico y están compuestas por cuarzo, microclino, moscovita, biotita, turmalina, berilo, granate y apatita. Grandes prismas de berilo azulado que ocurren en la zona intermedia le otorgan a estos cuerpos cierto significado económico.

También se ubican provisionalmente en esta unidad los curiosos veneros de cuarzo con tantalita, uranomicrolita e ilmenita-hematita, alojados en los esquistos metamórficos de Guaichar, al este del salar del Hombre Muerto en Salta (Cortelezzi y Argañaraz 1981). Por el momento las edades radiométricas disponibles son insuficientes para delimitar las diferentes poblaciones de pegmatitas paleozoicas.

9. Ultrabasitas alcalinas

Los filones ultrabásicos de Los Alisos, en las Sierras Subandinas de la provincia de Salta, originalmente descritos como alnoítas (Méndez y Villar 1975) y posteriormente denominados kimberlitas micáceas (Villar et al. 1981), constituyen una expresión atípica del magmatismo del norte argentino. Estos diques concordantes subverticales, con potencias de hasta 50 metros y corridas de varios kilómetros alineadas al NO, intruyen areniscas cuarzosas paleozoicas con desarrollo de termometamorfismo y cierta diferenciación metamórfica.

Las rocas son kimberlitas micáceas con orientaciones crípticas compuestas por flogopita, forsterita, diópsido, granates y cantidades menores de perovskita, calcita, magnetita, ilmenita, picrotina, millerita, entre otros minerales. Diferenciados venulares lamprofíricos potásicos con calcita, flogopita, serpentino, katoforita, leucita, kaersutita, etcétera, atraviesan discordantemente las kimberlitas. La asociación constituye una serie plutónica ultrabásica hipabisal, alcalina y potásica, que se vincula regionalmente, a través de un arco magmático de disposición submeridiana convexo al este, con manifestaciones ultrabásicas perovskíticas bolivianas como las de Tarija, Ollakasa, Carpacayma y Machamarca (Villar et al. 1981).

Una datación K/Ar que proporcionó una edad de 303 ± 10 m.a. (Méndez y Villar 1977) incluye el metalotecto en esta época metalogénica. Sin embargo, conforme a las edades de rocas equivalentes situadas en Bolivia y a la naturaleza dominante del magmatismo cretácico, sería prematuro descartar la hipótesis original (1975) de los autores citados al proponer esta correlación. Su importancia es meramente potencial y está fundamentada en la yacencia y propiedades semejantes que tienen las rocas diamantíferas de Basutoland, Africa.

EPOCA METALOGENICA II (Cretácico-Eoceno)

En el dilatado marco temporal comprendido por el ciclo orogénico Andino, los autores distinguen dos épocas metalogénicas en razón del acusado contraste geodinámico que muestra la historia geológica previa y posterior a la fase diástrófica Incaica. Durante el Jurásico-Cretácico Inferior y con el desarrollo inicial de un margen continental activo, surge en territorio chileno un arco volcánico hacia el oeste y una cuenca de retroarco oriental parcialmente colmatada por sedimentos terrígenos procedentes del este (Coira et al. 1982). Estas comarcas positivas están sujetas al ascenso epeirogénico y son afectadas por un plutonismo alcalino --descrito como metalotecto 10-- cuya extensión en otros países (Darbyshire y Fletcher 1979) se relaciona con los estadios iniciales de la apertura del Atlántico Sur.

En territorio argentino, con posterioridad a la fase Catanilílica, acontece una riftogénesis intracratónica que origina un sistema interconectado de subcuencas táfricas (figura 2). En un campo local de fuerzas distensivas y atenuamiento cortical, ello favorece la emergencia de un magmatismo de naturaleza alcalina e importancia regional ya sospechada por Quartino (1960). La Epoca Metalogénica II comprende el ambiente descrito y abarca el lapso deposicional del Grupo Salta (Turner 1959), cuya sedimentación se inicia a partir del Valanginiense. En la base, los conglomerados y

areniscas rojas del Subgrupo Pirgua, con espesores máximos de 4000 metros registrados en la subcuenca de Alemania, Salta, albergan un vulcanismo basáltico alcalino agrupado en dos ciclos efusivos (Salfity 1982). La comarca se cubre posteriormente, en régimen transgresivo, por sedimentos epiclásticos claros, calizas y margas que precipitan en aguas someras de cuerpos lacustres salobres. Son los depósitos del Subgrupo Balbuena (Moreno 1970) que integran las Formaciones Lecho, Pala Pala, Yacoraite y Olmedo. El Subgrupo alcanza espesores máximos de 1000 metros en el depocentro Lomas de Olmedo, durante el intervalo Maastrichtiano - Daniano, e incluye las vulcanitas pertenecientes al tercer ciclo efusivo de la cuenca (Omarini et al. 1984). El ciclo sedimentario se cierra con el depósito del Subgrupo Santa Bárbara en espesores inferiores a los 1200 metros durante el Paleoceno-Eoceno. Comprende fangolitas, margas y arcilitas de ambientes paráliticos y fluvial distal de baja energía. La extensión de la cuenca ocupada por el Grupo Salta en la Argentina es del orden de los 200.000 km^2 a través de las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán.

La época metalogénica concluye en el Eoceno Medio con la fase Incaica, la cual oblitera en estas comarcas el cuadro evolutivo de riftogénesis descripto y le sobreimpone un marco tectónico compresivo. En el lapso que abarca se han identificado cuatro metalotectos cuya importancia económica es relativa e incierta, si debemos excluir del inventario los combustibles fósiles y nucleares. Dos de ellos son de filiación magmática y los dos restantes, con interesantes mineralizaciones de U, Cu, Pb y Zn, están vinculados mayoritariamente al ciclo exógeno y estratoligados a unidades formacionales del Grupo Salta.

10. Plutonitas alcalinas

El magmatismo en tiempos cretácicos se relaciona con un marco tectónico distensivo, marcadamente tafrogénico, que en el borde oriental de la Puna está representado por plutonitas epizonales como las de Cobres, Tusaquillas, Abra

Laite y Aguilar. El metalotecto se identifica con estas plutonitas alcalinas anómalas en Th (Nb-W) y tierras raras, aún poco estudiadas desde el punto de vista económico.

El stock de Cobres comprende unos 15 km² de afloramientos ubicados 60 km al norte de San Antonio de los Cobres en la provincia de Salta. Se trata de un complejo parcialmente expuesto constituido por granitos y sienitas alcalinas, el cual intruye grauwacas, cuarcitas y pelitas cambro-ordovícicas y ha proporcionado edades radiométricas cretácicas (Halpern y Latorre 1973, Toselli y Rossi de Toselli 1977). Genéticamente relacionado con su emplazamiento existe un sistema de hidrotermalitos vetiformes distribuidos en un área de 18 km de largo por 5 km de ancho conformando el distrito minero de Rangel. Los filones se agrupan con rumbos N50°E y buzamientos de 35 a 75° al NO. Las potencias varían de 0,2 a 3 metros con una media de 0,8-1 metro (Villar Fabre et al. 1957). La mineralización consiste en un relleno brechoso de fracturas que contienen torita, torogummita, galena, calcopirita, pirita en ganga de cuarzo, baritina, carbonatos, oligisto y feldespato potásico. Las reservas conocidas del distrito se acercan a las 300.000 t con una ley media de 0,26% de ThO₂.

A este metalotecto pertenecen también las manifestaciones de wolframio de Tusaquillas y Liquinaste en Jujuy. Se trata de schlieren aplíticos, con wolframita, oligisto, moscovita y cuarzo, segregados neumatolíticamente de los granitos que participan del batolito de Tusaquillas (Ahlfeld 1948). Dataciones radiométricas de los plutones de Tusaquillas, Abra Laite y Aguilar revelan sus relaciones isocrónicas (Linares 1975, 1977, 1979). Las potencialidades del metalotecto no se habrían agotado en las exploraciones realizadas. Las facies graníticas del complejo alcalino de Cobres contienen pirocloro en pequeños cristales (Toselli y Rossi de Toselli 1977), detalle que unido a los fenómenos de albitización en las rocas riebeckíticas y a una metalogénesis persistente en el tiempo del par

Nb-Ta en la región noroeste, hacen promisoría la perspectiva de hallar depósitos de metales raros similares a los descritos por Vlassov (1968).

11. Filones polimetálicos (U, Ni, Co, Bi, Ag, Cu, Pb, Zn)

En ambiente geológico de Cordillera Oriental, en ambos faldeos de la Sierra de Santa Victoria, existe un reducido número de filones polimetálicos --U, Ni, Co, Bi, Ag, Cu, Pb, Zn-- que muestran una compleja paragénesis mineral (Brodtkorb 1965, 1972, 1973).

Las vetas conocidas pertenecen a las minas Romicruz en Jujuy, La Niquelina, La Esperanza y Quirusillal en Salta, las cuales penetran areniscas y lutitas del Paleozoico Inferior-Precámbrico. La mineralización, en ganga de cuarzo y baritina, es de carácter mesothermal y comienza con un depósito de escaso volumen formado por minerales de U, Ni, Co, Bi y Ag; para continuar con la cristalización principal de sulfuros de cobre, plomo y zinc. Se han identificado veinte especies minerales metalíferas primarias entre las que se destacan calcosina, calcopirita, bornita, tetraedrita, pirita, niquelina, galena, blenda y pechblenda.

El metalotecto se vincula con el magmatismo alcalino de esta época mediante dos dataciones geocronométricas U/Pb obtenidas sobre pechblendas de las minas Quirusillal y La Niquelina, 65 ± 5 m.a. y 169 ± 10 m.a. respectivamente (Stipanovich y Linares 1967, Linares 1961). Las pequeñas dimensiones de los depósitos y sus relaciones genéticas no permiten asignarle mayores perspectivas económicas.

12. Depósitos estratoligados en areniscas

Representan las manifestaciones de U, Cu, V (Pb, Zn) relacionadas con areniscas continentales pertenecientes al ciclo sedimentario del Grupo Salta. Diversas áreas localizadas en regiones marginales de la cuenca cretácica muestran depósitos peneconcordantes asociados a fenómenos de biorhexistasia y con destacados controles estratigráficos (Reinoso 1980). Otros depósitos en areniscas yacen en conexión con lineamientos tectónicos y vulcanitas alcalinas cretácicas. Se observa que los

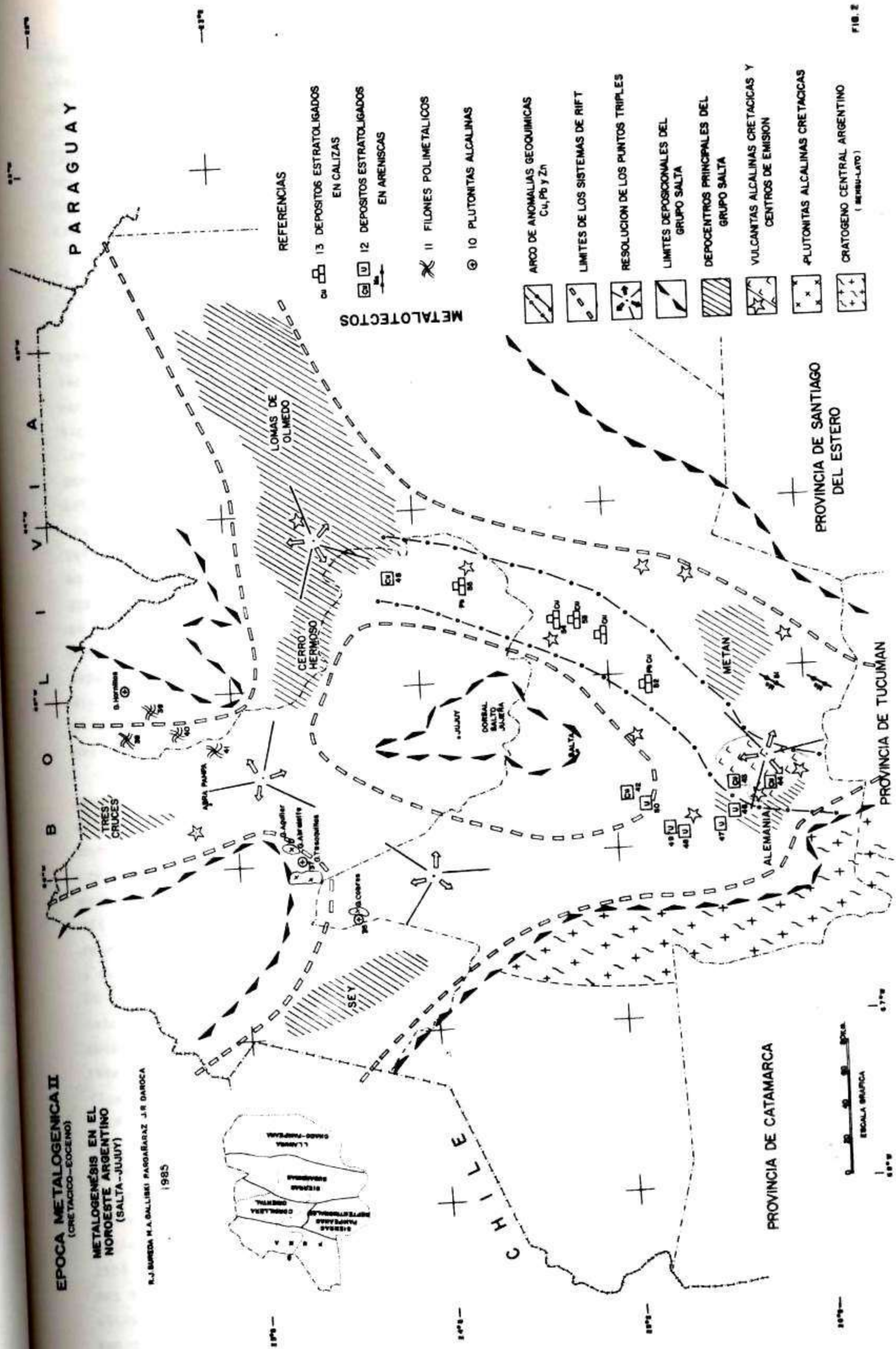
EPOCA METALOGENICA II

(CRETACICO-EOCENO)

METALOGENESIS EN EL NOROESTE ARGENTINO (SALTA-JUJUY)

R.J. BUREDA M.A. GALLIBISI PAGOZARAZ J.R. DAROCA

1985



depósitos cupríferos estratoligados en areniscas pertenecen a las formaciones cretácicas y a las facies regresivas del ciclo sedimentario durante el Cenozoico (Subgrupo Santa Bárbara). En apretado resumen se consideran las principales ocurrencias conocidas agrupadas en cuatro tipologías subordinadas:

12.1. Depósitos peneconcordantes de Cu (U, V)

Configuran mineralizaciones muy características, tipo "capas rojas", localizadas preferentemente en los sedimentos rojos del Subgrupo Pirgua, con algunas yacencias en litofacies equivalentes de otras unidades. Muestran una geometría deposicional concordante y están genéticamente vinculados con procesos locales de reducción y captura de cationes metálicos por restos orgánicos en sedimentos continentales, sedimentos que por regla general se han depositado en ambientes de redox positivo y alta energía. Son frecuentes las migraciones supergénicas posteriores que incluyen la dispersión y el redepósito de minerales oxidados a partir de las preconcentraciones originales.

La mineralización cementa areniscas, arcosas y conglomerados, de baja selección y madurez, con calcosina, cuprita, bornita, calcopirita, pirita, covellina, cobre nativo, brochantita, malaquita, azurita, pechblenda, entre las especies más comunes. Los depósitos son pequeños, de reducidas posibilidades económicas y donde el cobre es el metal dominante. En parte se relacionan con el relieve inicial de la cuenca, otros depósitos se ubican en cuerpos psefíticos, lentiformes, interpretados como paleocauces de ambiente fluvial proximal y algunos lo hacen en sucesiones epiclásticas rítmicas, monótonas, de severo control estratigráfico. Entre las manifestaciones conocidas cabe citar Custodio, Salamanca, San Martín, Santa Isabel, Martín Bronce, María Elena, Cajoncillo (Rodríguez 1981, Avila et al. 1984, Sureda et al. 1984). Exploraciones mineras en Custodio, uno de los depósitos más promisorios de este metalotecto, han definido 152.000 t de reservas con

0.7% de Cu (Morello 1983), ubicadas en niveles del Subgrupo Santa Bárbara.

12.2. Depósitos peneconcordantes de U (Cu, V)

Se ubican preferentemente en las litofacies arenosas y lutíticas de la Formación Yacoraite en la subcuenca salteña del Tonco y en el llamado nivel mineralizado regional de la Formación Lecho (Pozzo 1962, Santomero 1965, Brodtkorb y Schalamuk 1981 y Salinas et al. 1982). Las fuentes de procedencia de los metales y el material terrígeno deben buscarse en la denudación del basamento cristalofílico del Cratógeno Central Argentino, entidad positiva que limitaba por el sur y el suroeste el depocentro del Tonco en tiempos cretácicos. El depósito inicial se asocia a la captura del uranio y otros cationes metálicos en los sedimentos pelíticos de un ambiente reductor rico en materia orgánica. La migración epigénica, posterior a la basculación tectónica de la columna sedimentaria, es un fenómeno muy frecuente que difunde minerales oxidados de uranio y cobre en horizontes psamíticos y origina cuerpos de mena elongados paralelamente a la dirección de buzamiento de los estratos portadores. Predominan los minerales secundarios de uranio: autunita, metaautunita, carnotita, tyuyamunita, fosfouranilita, uranofano, con escasa pechblenda y schrockingerita (Toubes 1969).

Los yacimientos nucleares incluidos en este subtipo son los depósitos de mayor valor económico del metalotecto y representan cuerpos mineralizados de pequeño a mediano tonelaje. Se han desarrollado las minas Don Otto con 479.906 t de mineral extraído a una ley media de 0,99% de U_3O_8 y 203.577 t de reservas remanentes con ley de 1,06% de U_3O_8 ; Pedro Nicolás con 1509 t de mineral cubado a una ley media de 0,83% de U_3O_8 ; Los Berthos con 300.016 t de reservas a una ley media de 1,42% de U_3O_8 y Martín Miguel de Güemes con 13.499 t extraídas a 0,74% y reservas de 32.620 t con ley media de 1,10% de U_3O_8 , todas ubicadas en la estructura sinclinal del valle del Tonco. La aparente inconsistencia entre las leyes del mineral extraído en relación con las reservas

remanentes obedece a que las primeras corresponden a leyes de la carga en la pila de tratamiento de la planta de beneficio --lo cual implica diluciones de hasta el 20%, en especial por los métodos de explotación utilizados de realce sobre saca-- y las segundas son las leyes de los bancos mineralizados normalizadas al metro de potencia (Figueroa, R., comunicación personal).

Los cuerpos de mena son tabulares, con cordantes y sus dimensiones oscilan entre 100 a 2000 metros de longitud, 10 a 250 metros de ancho por 0,50 a 1,70 metros de espesor intercalados en niveles arenosos del tercio superior de la Formación Yacoraite. La mina Emmy en el vecino sinclinal de Amblayo y las manifestaciones menores Carrizalillo, El Desecho y El Leñadero, yacen en idéntica posición estratigráfica. En el nivel mineralizado regional de la Formación Lecho se encuentran los depósitos Sunchales, Pepe Luis y Cuesta de Bala (Salinas et al. 1981).

12.3. Depósitos estratoligados de filiación magmática (Cu, Ag, Pb, Zn, Fe, Mn)

Estas mineralizaciones yacen en las areniscas rojas y los conglomerados del Subgrupo Pirgua. Son de naturaleza epigénica y están espacialmente relacionadas a los derrames de basaltos alcalinos del Cretácico descritos por Reyes et al. (1975). Se conocen solamente algunas manifestaciones, mayormente cupríferas, de reducido volumen y variada geometría deposicional. Hay filones en ganga de cuarzo y baritina (prospectos 1° de Mayo y Margarita) o bien impregnaciones que suelen ocupar fracturas o superficies interformaciones (prospectos Abundancia y Polinesia). Las manifestaciones contienen también cantidades variables de galena, blenda, pirita, oligisto y minerales de manganeso. Impregnaciones manganíferas han sido identificadas en el río Caraparí y Zanja Honda, Salta, en niveles del Subgrupo Pirgua.

12.4. Nódulos singenéticos de Mn y Fe

En el miembro inferior de la Formación Río Nío (Mon y Suayter 1973) se conoce la existencia de nódulos de manganeso con formas subredondeadas, obladas y tamaños

muy variables, que pesan entre 0,1 a 2 kg, excepcionalmente alcanzan 50 kg (Beder 1926, Cortelezzi 1975, Danieli y Porto 1975, Cortelezzi y Mon 1981). Del año 1917 datan los primeros hallazgos en la localidad de Puerta Quemada, departamento Burruyacu, Tucumán, los cuales han sido objeto de explotaciones precarias y discontinuas. La Formación Río Nío representa litofacies areno-arcillosas de origen continental y está formada por dos miembros: el inferior, predominantemente psamítico, denominando Poste Viejo y el superior con lutitas, margas y areniscas finas, Miembro La Posta. Los nódulos yacen en una sección estratigráfica de 5 a 10 metros de espesor constituida por areniscas cuarzosas gruesas, de colores claros, dentro de un perfil aflorante de 120 metros de potencia que forma una estructura sinclinal situada entre las sierras de Medina y del Campo. El hallazgo de mamíferos fósiles pertenecientes al Paleoceno Superior - Eoceno Inferior (Powell y Palma 1981) ha permitido homologar la Formación Río Nío con la Formación Maíz Gordo (Fernández et al. 1984).

Texturalmente uniformes y de grano fino, los nódulos muestran el predominio de pirolusita, en pseudomorfosis según manganita, de la cual quedan restos más abundantes en los núcleos. Como minerales accesorios se observan polianita, goethita y otros manganomelanos no identificados. Beder (1926) y Cortelezzi y Mon (1981) citan contenidos entre 71,57% a 52,75% de MnO_2 y 7,99 a 1,19% de Fe_2O_3 . Las reservas estimadas se encuentran en las 50.000 t, pero la explotación es difícil por la distribución errática de los nódulos.

Cortelezzi (1975) menciona nódulos de manganeso formados por psilomelano y criptomelano en las areniscas pelíticas del Grupo Salta aflorantes en las proximidades de la ciudad de Rosario de la Frontera, en el sur de la provincia de Salta. El peso medio de los nódulos no excede los 50 g y sus superficies se encuentran manchadas por óxidos de hierro.

13. Depósitos estratoligados en calizas

El metalotecto se encuentra restrin-

gido a niveles estratigráficos de la Formación Yacoraite y en él debemos distinguir los depósitos metalíferos de Cu, Pb y Zn asociados con ciertas litofacies calcáreas, de las calizas que se utilizan en pequeña escala para alimentar hornos de cal pobre. Los depósitos de Cu, Pb y Zn se distribuyen en ocurrencias saltuarias a lo largo de 150 km sobre una faja ubicada al naciente de la dorsal Salto-Jujeña, desde la sierra de Santa Bárbara en Jujuy hasta la sierra de Metán en Salta, integrando las concesiones mineras conocidas como Atahualpa, Punilla, San Antonio, El Chorro, El Salto, San Pedro, Elba, León, María y Jorge, entre otras. Las mineralizaciones se alojan preferentemente en niveles pertenecientes a los miembros inferiores y medios de la Formación Yacoraite, cuya sección inferior muestra anomalías geoquímicas en cobre que prolongan la faja mencionada en la provincia de Tucumán (Reinoso 1975). Los metalotectos participantes no son bien conocidos, aunque existen algunas comunicaciones preliminares de Castaños et al. (1975) y Chomnals (1978b). Recientemente Espisúa y Amengual (1983) dan a conocer trabajos de exploración minera realizados en el área del río Juramento, señalando la naturaleza singenética de algunos depósitos metalíferos. La ausencia total de actividad magmática ligada a la faja mineralizada y su coincidencia con un frente de dolomitización, que separa el dominio de calizas hacia el oeste y dolomías hacia el este (Marquillas 1984), se consideran factores muy significativos desde el punto de vista genético. Provisoriamente se pueden diferenciar tres subtipos:

13.1. Calizas y dolomías

Este apartado describe las calizas de la Formación Yacoraite, con bajo contenido de impurezas y localización favorable, destinadas a la obtención de cal pobre para consumos regionales en construcción y obras civiles. Su empleo es limitado por la baja calidad del material calcáreo, habitualmente con tenores de MgO elevados e intercalaciones arenosas.

En este sentido, los pequeños productores que utilizan hornos criollos de quemado intermitente prefieren los depósitos modernos de travertino y aragonita, sobre los que realizan explotaciones precarias.

En el valle de Lerma y la zona de influencia de la ciudad de Salta, las canteras El Carmen, Los Pinos, Los Tarcos, San Cayetano y San Martín proporcionan calizas a partir de los afloramientos de la Formación Yacoraite ubicados en el área de Cerrillos-La Merced. Existen explotaciones en los parajes La Troja, La Pedrera y El Chamical. En el departamento Metán se extraen calizas de la sierra de Lumberras y del flanco oriental de la sierra del Crestón. Al norte de la provincia de Salta, las canteras General Güemes, La Cascada, Zonda, Itaque, El Chorro, Itangua, Paso y Belgrano, entre otras, abastecen las áreas de influencia de Orán y Tartagal. En la provincia de Jujuy existen numerosas explotaciones en Maimará, Tres Cruces, cerro de las Avispas, cordón de los Siete Hermanos entre los diversos parajes con afloramientos adecuados.

Las calizas de la Formación Yacoraite contienen algunas litofacies magnesianas apropiadas para la extracción de dolomita en los flancos de la sierra de Santa Bárbara entre las quebradas El Duraznal y Arroyo del Medio. La composición de estas dolomías muestra 95 a 100% de dolomita, 0 a 5% de magnesita, con relaciones CaO/MgO 1,25 a 1,4 (Marquillas 1985).

13.2. Depósitos diagenéticos (Pb, Zn, Cu)

En el cerro del Plomo, al sur del río Juramento, existe una mineralización primaria de galena, tetraedrita, blenda, calcopirita, bornita y calcosina que tiende a cementar calizas dolomíticas, en parte oolíticas, lumachellas de gastropodos y areniscas calcáreas, con escaso reemplazo de las fracciones clásticas depositadas inicialmente. Los sulfuros metalíferos han cristalizado en una etapa diagenética de baja energía, penecontemporánea al depósito clástico y en un medio textural de elevada porosidad,

favorecido por las transformaciones dolomíticas. La relación de las menas con los biostromas presentes en los perfiles conocidos es menos evidente. Ritmitas de sulfuros se han observado en secciones calcáreas compactas, micríticas, de granometría muy fina. Los contenidos en Pb y Zn, elementos menos móviles que el Cu en los ambientes exógenos, son más elevados en las fracciones pelíticas. La ley media de estas manifestaciones es de 1,05% Pb, 1,03% Zn, 0,94% Cu con 20 g/t Ag. Espisúa y Amengual (1983) adjudican a todo el grupo minero del río Juramento, que incluye los depósitos supergénicos del cerro del Cobre, reservas posibles e inferidas de 5×10^6 t, con 1% Cu y 22 g/t Ag.

13.3. Depósitos supergénicos (Cu)

Se encuentran mucho más extendidos que los anteriores y representan, por lo general, el relleno supergénico de fracturas y brechas intraformacionales. La precipitación de las soluciones descendentes genera depósitos de naturaleza epigénica. Las presentaciones más frecuentes son discordantes, vetiformes o en stockworks, ocupando fracturas o cavidades abiertas en calizas, dolomías, areniscas y chert. Sin embargo, los fenómenos kársticos son casi desconocidos en las litofacies calcáreas del Subgrupo Balbuena. El relieve juvenil actual y el fuerte buzamiento de los bancos calizos, heredados del ciclo andino y en parte las restricciones climáticas, condicionan solo estadios iniciales de karst. La ausencia de paleozonas de circulación permanente de aguas vadosas indica que las principales vías de acceso y depósito de las soluciones supergénicas son de origen tectónico.

Se conocen depósitos en diferentes niveles de la Formación Yacoraite y algunos que alcanzan a penetrar la Formación Lecho. Entre los minerales más comunes se observan calcosina, cuprita, brochantita, malaquita, covellina y tenorita, ocasionalmente pirita y azurita. Existen ciertas evidencias para suponer que el lixiviado de las preconcentraciones del subtipo 13.2 puede proporcionar las

soluciones supergénicas responsables de algunas ocurrencias del subtipo 13.3. Se observan adecuadas relaciones espaciales y el fraccionamiento en el contenido metálico con el aumento de la relación Cu/Pb+Zn y tenores de cobre entre 2 y 5% en las fracturas mineralizadas. En el cerro del Cobre, se conocen las manifestaciones identificadas como María, Venancio, Francisco, Anselmo, Dionisio, Fructuoso, Fortunato, Eleuteria y Hermenegildo. En superficie las mineralizaciones de ambos subtipos suelen dispersar carbonatos de cobre por meteorización proporcionando buenas guías cromáticas a la prospección minera.

EPOCA METALOGENICA III (Eoceno-Holoceno)

Con los movimientos de la fase Incaica en el Eoceno Medio culmina el ciclo sedimentario cretácico del Grupo Salta y se inicia la última época metalogénica del noroeste argentino. Los últimos cincuenta millones de años de historia geológica conllevan la máxima influencia en la metalogénesis de las regiones andinas, al reunir en su transcurso los episodios tectónicos, volcánicos, sedimentarios, plutónicos y metamórficos ligados al solevantamiento de la gran cordillera andina americana, uno de los rasgos geológicos mundiales de mayor relevancia en los tiempos cenozoicos (Zeil 1979). La importancia de la metalogenia en los Andes Centrales trasciende nuestro marco geográfico y es, desde hace tiempo, muy conocida en la literatura geológica (Lindgren 1933, Bilibin 1955, Turneaure 1955, Ahlfeld y Schneider Scherbina 1964, Ruiz Fuller 1965, Putzer 1976, Amstutz 1978, entre otros). Su desarrollo responde de manera aceptable a un modelo de evolución geotectónica en el borde móvil de un sistema destructivo de placas convergentes (Mitchell y Bell 1973, Hollister 1975, Sillitoe 1977, Oyarzún y Frutos 1980, Mitchell y Garson 1981, Frutos 1982).

En este contexto, las columnas sedimentarias cenozoicas del noroeste argentino muestran el desarrollo dominante

de cuencas continentales afectadas intensamente por episodios tectónicos del ciclo Andino. Las comarcas subpositivas de la Cordillera Oriental permiten, a grandes rasgos y durante el lapso indicado, distinguir tres regiones mayores de sedimentación clástica ubicadas respectivamente, al este al oeste y al sur de la mencionada entidad (Aceñolaza y Toselli 1981). El área subandina oriental presenta las secuencias más regulares y las mejor conocidas a través de la exploración petrolera (Bonarelli 1921, Gebhard et al. 1974). Estas secuencias integran actualmente el Grupo Orán (Russo 1972) y son las únicas que contienen, en la Formación Anta, registros de ingresiones marinas atlánticas durante el Mioceno (Russo y Serraiotto 1979). En el área puneña situada al oeste, la unidad más distintiva es el Grupo Pastos Grandes (Turner 1960b), integrado por las formaciones, Geste, Pozuelos, Sijes y Singuel (Alonso y Gutiérrez en prensa) con un espesor aproximado de 7000 metros y abundantes intercalaciones evaporíticas y volcánicas en sus secciones superiores. Este conjunto abarca el intervalo deposicional que media entre el Eoceno Superior y el Plioceno inclusive. Su identidad se mantiene válida en la comarca del perfil tipo (Turner 1960b).

La segmentación tectónica de las cuencas continentales durante el Cenozoico en bolsones intermontanos dificulta su cronología y correlaciones (Bossi y Palma 1982, Alonso y Gutiérrez en prensa, Salfity et al. 1984), particularmente en Puna septentrional y las comarcas extrapuneñas de los valles calchaquíes ubicadas al sur de la Cordillera Oriental (Grupo Santa María - Ruiz Huidobro 1965). Son numerosas las entidades estratigráficas formales de validez local y correlación regional incierta (Formación Luracatao - Turner 1960b, Formación Peña Colorada - Bellmann y Chomnales 1960, Formación Angastaco - Formación San Lucas - Formación Tonco - Vilela y García 1978, Formación Trincheras - Schwab 1973, para citar algunas).

La sedimentación cenozoica es acompa-

nada por un magmatismo esencialmente efusivo de grandes proporciones, que se inicia a partir de la fase Pehuenche en el Oligoceno tardío o Mioceno y prosigue hasta el presente alcanzando su mayor intensidad durante el Mioceno Medio y Superior asociado a los diastrofismos Quechua I y II. Sus productos están casi totalmente restringidos a la Puna, donde alcanzan una magnitud volumétrica no registrada con anterioridad y una importancia metalogénica sin precedentes.

La distribución geográfica del vulcanismo comprende dos fajas subparalelas meridianas: la occidental, continua, situada en la cordillera del límite con Chile y activa como arco magmático desde el Mioceno, y la oriental, saltuaria, que coincide aproximadamente con el borde oriental de la Puna (Viramonte et al. 1984a). Cadenas volcánicas transversales de importancia subordinada coinciden con megatrazas de fractura y vinculan a espacios regulares ambas fajas. La condición subaérea unida a la naturaleza mesosilícea dominante de la extrusividad favorecieron el desarrollo de grandes estratovolcanes y extensos mantos ignimbríticos a partir de centros efusivos cuyos productos se superponen y traslapan. La estratigrafía volcánica resultante es compleja y su estudio se encuentra en avance (Schwab 1972, Schwab y Lippolt 1976, Coira y Pezzutti 1976, Coira 1979, Coira y Paris 1981, Coira 1983, Aquater 1981, UNSa 1982, entre otros). Existen numerosas entidades formales de validez local cuya correlación evidencia cierta independencia temporal en la evolución petrológica de los distintos complejos. Las características petroquímicas del vulcanismo están posiblemente influenciadas por contaminación (Klerkx et al. 1977, Francis et al. 1980) en una corteza progresivamente engrosada a través de una larga historia geológica. En líneas generales la efusividad de la faja occidental pertenece a la serie calcoalcalina y gradúa hacia el este a calcoalcalina alta en K en la faja oriental con algunos términos de la serie shoshonítica (Viramonte et al. 1984a).

A diferencia de las comarcas ubicadas

en la vertiente andina occidental, donde las primeras etapas formativas del orógeno y los actuales niveles de erosión exponen en superficie numerosos yacimientos metalíferos de grandes dimensiones y edades que oscilan entre el Jurásico y el Paleoceno, la vertiente oriental de los Andes contiene los registros volcano-sedimentarios postincaicos y depósitos metalíferos de menor volumen. Aquí los niveles de erosión someros no descubren, en general, las raíces plutónicas de los complejos de estratovolcanes y predominan los campos filonianos subvolcánicos sobre los pórfidos cupríferos y los grandes depósitos de sulfuros masivos. Comparativamente el enriquecimiento supergénico y los niveles de oxidación son mucho más limitados.

En el ciclo exógeno, el cierre de las cuencas sedimentarias continentales al drenaje exorreico, las condiciones paleoclimáticas de aridez dominante, junto al vulcanismo y al levantamiento general de las comarcas altiplánicas, han favorecido la acumulación de evaporitas con filiaciones volcanogénicas y el desarrollo de los depósitos mixtos exhalativos y termales. Participan en esta época metalogénica cuatro metalotectos vinculados con fuentes endógenas, uno mixto y cinco de filiación exogénica, algunos de los cuales muestran variantes significativas que posibilitan considerar varios subtipos.

14. Depósitos estratoligados en areniscas

Al igual que su análogo (12) en la Epoca Metalogénica II, este metalotecto reúne las mineralizaciones localizadas en areniscas continentales cuyas características genéticas y deposicionales son equivalentes a las ya descritas. En este caso los depósitos yacen en las columnas estratigráficas correspondientes a la sedimentación postincaica y la importancia de las concentraciones conocidas es comparativamente muy modesta. Seguidamente se consideran las principales yacencias agrupadas en dos subtipos dependientes:

14.1. Nódulos singenéticos de manganeso y hierro

Estas manifestaciones mineralizadas

tendrían, en apariencia, un origen semejante a los nódulos descritos por Beder (1926) en las areniscas cuarzosas del Subgrupo Santa Bárbara en la provincia de Tucumán (Véase 12.4). Ocurrencias equivalentes se han detectado, en la provincia de Salta, en el cerro Paranilla, quebrada del Divisadero, vertiente occidental de las Cumbres Calchaquies; en El Morenillo, río Urueña, flanco oeste de la sierra de la Candelaria y en quebrada de Cañizares, sierra de Medina. Todas las manifestaciones son pequeñas y carecen de posibilidades económicas. Su posición estratigráfica es incierta y no debe descartarse que algunas pertenezcan al ciclo sedimentario del Grupo Salta. Alonso et al. (en prensa) mencionan nódulos pequeños de manganeso en areniscas amarillentas de la Formación Trincheras, en la provincia de Jujuy. La sección se localiza en el paraje Loma Blanca, al sur de Coranzulí, donde los niveles portadores yacen por encima de una toba datada radiométricamente en 6,9 millones de años.

14.2. Depósitos peneconcordantes de Cobre

Una destacada proporción de los depósitos estratoligados conocidos en estos ambientes sedimentarios, son manifestaciones estratiformes, de tipo peneconcordante, asociadas a fenómenos locales de biostasia en estrecha relación con restos carbonosos y materia orgánica. La mineralización más común contiene calcosina, covellina, malaquita, crisocolla, pirita, cuprita y azurita. Los depósitos Los Colorados y Aguas Amargas yacen en niveles de areniscas rojas de la Formación Geste, Grupo Pastos Grandes, al naciente del salar de Pocitos (Arcañaraz y Sureda 1975). Otras ocurrencias de la Puna salteña corresponden a depósitos derivados de oxidación e infiltración, que penetra las secciones conglomerádicas inferiores de la Formación Geste en el área de Cortaderas, entre el salar de Antofalla y el salar del Gallego. Las pertenencias Cortadera, Cortadera N°2, N°3, N°4 y Las Vertientes muestran sistemas de vetas que no exceden los 200 metros de

(EOCENO-HOLOCENO)

(SALTA-JULY)

1985



corrida en una estructura anticlinal. Son depósitos de naturaleza epigénica a lo largo de fracturas de rumbo E-O, transverso a la estructura, en donde soluciones descendentes precipitaron calcosina, cuprita, tenorita, cobre nativo, covellina, malaquita, crisocolla, delafosita y azurita. En los valles Calchaquies, las concesiones Inés y Margarita yacen en niveles de la Formación Tolombón (Galván y Ruiz Huidobro 1965) donde forman depósitos peneconcordantes de cobre.

En la Puna jujeña, la mina Eureka constituye el yacimiento más importante de este apartado, tanto por sus dimensiones como por la concurrencia de dos metalotectos exogénicos. Los depósitos suponen la precipitación del cobre en condiciones reductoras, a partir de aguas vadosas que circularon a través de los conglomerados auríferos del Miembro Eureka de la Formación Cabrera (Viera 1984). Los conglomerados de la Formación Cabrera en territorio boliviano constituyen la Formación San Vicente, acotada radimétricamente en su tope (Formación Julaca 22 m.a.) por lo cual se pueden asignar provisionalmente al Oligoceno (Meave 1972, Fernández et al. 1973). La participación del oro de placer en mina Eureka promedia el g/m^3 y se extiende en un manto conglomerádico de 1 a 2 metros de potencia en áreas que exceden los límites de la mineralización cuprífera (Novarese 1893, Rius y Wlekinski 1953, Bellmann 1966). El depósito singénico más antiguo, representado por el placer aurífero fósil, ha receptado parcialmente las soluciones cupríferas de un suceso epigénico posterior. En las proximidades de la Ciénaga hay manifestaciones de cobre con restos de plantas (Viera 1984), peneconcordantes al Miembro San Isidro de la Formación Peña Colorada. Otros depósitos cupríferos de posición estratigráfica incierta y pertenecientes a esta tipología, pero con frecuencia estratoligados con sedimentos continentales neoterciarios, se reconocen en las manifestaciones Bacaño, Torrejo y Gorriti ubicadas al oeste de Turi-Lari, en el departamento Susques,

Jujuy. En la quebrada Villaspure, cuyas aguas corren hacia la margen oriental del salar de Cauchari, existe mineralización cuprífera asociada a dos niveles plantíferos dentro de la Formación Trincheras (Alonso comunicación personal).

15. Depósitos metalíferos en tactitas (Fe, Cu)

La descripción del metalotecto abarca las manifestaciones vinculadas al metamorfismo de contacto y pirometasomatismo, en aquellas localidades donde cuerpos magmáticos cenozoicos intruyen calizas con desarrollo de tactitas y, en algunos casos, mineralización de hierro y cobre.

La Formación Acay (Méndez 1974) incluye los pequeños plutones del nevado de Acay y la quebrada de las Capillas en la provincia de Salta. Estudios petrológicos de esta formación revelan la presencia de granitos-I, pertenecientes a la serie magnetítica, con una composición cuarzo monzonítica dominante (Llambías et al. en prensa). El granito Acay penetra niveles calcáreos de la Formación Yacoraite en parajes ubicados en el faldeo noreste del nevado de Acay (Mirré 1974). Las pertenencias mineras El Acay al norte y El Milagro al sur, cubren una faja de cuerpos metasomáticos formados a expensas de las calizas. Los silicatos del skarn se muestran en bandas texturales monominerales, en las cuales predominan diópsido e hidrogrossularia verde amarillentos, con cantidades menores de calcita, enstatita, cuarzo, flogopita, chorlita, clorita, epidoto, allanita, clinozoicita, tremolita-actinolita y titanita. La magnetita es el principal mineral metalífero, en parte transformado en martita, con pirita, calcopirita, bornita, blenda y galena en proporciones muy variables y por lo general pequeñas. La edad del metalotecto, conforme a la datación geocronológica del granito Acay (26 m.a. \pm 5 Linares 1979), es Oligoceno Superior. Muestreos realizados en la mina El Acay han indicado tenores de 62% Fe sobre dos bancos de 0,20 metros de potencia. La mina El Milagro posee un banco de 2 metros de potencia con leyes de 60% Fe. El elevado contenido de cobre malogra el beneficio

de esta mena ferrífera de alta ley. Las dimensiones reducidas y la ubicación desfavorable limitan su significado económico. Investigaciones recientes describen el skarn del nevado de Acay e interpretan temperaturas de formación de unos 410°C para una profundidad no mayor de 5 km (Malvicini 1985).

Al sur de la provincia de Salta, en la sierra de Carahuasi, existen evidencias de tactitas ferríferas a expensas de calizas de la Formación Yacoraite. Rodados de magnetita y minerales de skarn se recogen en las quebradas del faldeo oriental de la sierra, si bien aún no se han localizado sus afloramientos.

16. Pórfidos cupríferos (Cu, Mo, Au)

En las comarcas orientales de la cadena andina y a partir de la fase Pehuénchica, junto a las emisiones de un vulcanismo dominante, acontece la localización de cuerpos subvolcánicos ácidos e intermedios con cuarzomonzonitas, granodioritas y granitos. Estos cuerpos pueden alojar mineralización diseminada del tipo cobre porfídico, mineralizaciones que se extienden en aureolas de alteración hidrotermal y tienen una expresión superficial muy conocida (Lowell y Guilbert 1970, Sillitoe 1972, 1976), proporcionando yacimientos metalíferos (Cu-Mo-Au) de grandes dimensiones y baja ley. Méndez y Zappettini (1984) reseñan las características de los cobre porfídicos argentinos. Existe una continuidad geológica y petrogenética, generalmente vertical, entre este metalotecto y el siguiente.

En las provincias de Salta y Jujuy, las tareas de exploración desarrolladas por empresas privadas y el gobierno nacional durante las últimas dos décadas han ubicado cinco prospectos de esta naturaleza: Inca Viejo, Taca Taca, Vizcacheral, El Oculto y Santa Inés, en ese orden decreciente de interés y posibilidades relativas, los cuales no muestran parámetros económicos alentadores (Méndez et al. 1979). La mena primaria de estos cuerpos tiene una media de 0,1% Cu, 0,001% Mo y 0,1 g/t Au. La relación Cu/Mo:100/1 es propia de la cadena

andina (Frutos 1979).

Inca Viejo es un pórfiro monzonítico, de 15 m.a. \pm 2 (Linares 1975), emplazado en esquistos y gneises de la Formación Oíre al naciente del salar de Ratones. En una planta oval de 6 por 3 km, flanqueada por fallas longitudinales submeridianas, aflora un núcleo de pórfiro dacítico rodeado por áreas irregulares de alteración sericitica, filica y silicea. El pórfiro monzonítico es más extenso y ocupa el sector occidental del prospecto. Brechas hidrotermales de intrusión y colapso, muy turmalinizadas, penetran las rocas porfíricas. Un stock de dioritas hornbléndicas asoma en el extremo norte del área y numerosos diques básicos cruzan el conjunto y las metamorfitas aledañas. El prospecto ha sido examinado sólo mediante geoquímica de superficie que muestra valores de 180 ppm Cu y 25 ppm Mo. La mineralización superficial contiene limonitas, pirita, calcopirita, molibdenita, óxidos de cobre, malaquita, azurita, crisocola y turquesa (Cox 1971).

Taca Taca es un pórfiro dacítico a riódacítico que intruye una sucesión paleozoica conformada por sedimentos ordovícicos de la Formación Acoite y granitos carboníferos de la Formación Taca Taca en el borde occidental del salar de Arizaro (Daroca 1975). El área de alteración hidrotermal ocupa unos 7 km^2 sobre la divisoria de aguas del cordón de Agua del Desierto, a una altura de 4.200 metros sobre el nivel del mar. Existen brechas intrusivas con turmalina y una alteración filica dominante que pasa a propilítica en las zonas marginales. Se realizaron estudios geoquímicos, geofísicos y 1089 metros de sondeos distribuidos en 9 perforaciones. Los estudios realizados revelan una zona de lixiviación de 43 metros de espesor con limonitas, jarosita, crisocola, malaquita y turquesa; una zona supergénica con calcosina y covellina, de 31 metros de potencia, donde se estiman 19×10^6 t de reservas con 0,29% Cu y 0,08% Mo. La protomena, con 0,03% Cu y 0,017% Mo, no es económica y muestra pirita dominante, calcopirita, bornita y molib-

denita.

Vizcacheral es un enjambre de diques de pórfiro dacítico y brechas hidrotermales con una antigüedad de 15,4 m.a. \pm 0,3 (Sillitoe 1977a), que intruyen las rocas leptometamórficas de la Formación Puncoviscana en ambiente de Cordillera Oriental. El prospecto, conocido también como Pancho Arias, ocupa un área de 2 km² en el flanco sudoccidental del nevado de Chañi, sobre la margen derecha de la quebrada del Toro. Brechas columnares de intrusión muestran cuarzo, pirita, turmalina y magnetita. La aureola hidrotermal es zonal concéntrica con un núcleo potásico de ortosa, biotita y magnetita, una zona intermedia filica-argílica y una zona externa propilítica. La exploración geoquímica muestra anomalías de hasta 3300 ppm Cu, 750 ppm Mo y 0,2 g/t Au. Se realizaron 1761 metros de sondeos en 10 perforaciones que revelan una zona supergénica irregular y pobre, con 1100 ppm Cu y 200 ppm Mo (Chabert y Centeno 1975).

El Oculto es un pórfiro dacítico emplazado en las rocas granitoides de la Formación Oire a unos 10 km al sudoeste del volcán Tuzgle, en la provincia de Jujuy. El área de alteración hidrotermal abarca unas 25 ha con brechas intrusivas turmalizadas, una zona de lixiviación con limonitas y óxidos de cobre y tiene una mineralización primaria de bornita, pirita, calcopirita y molibdenita. La antigua mina de cobre Soncaimán pertenece genéticamente al complejo mineralizado de este prospecto. Se efectuaron estudios geoquímicos, geofísicos y 276 metros de sondeos distribuidos en cuatro perforaciones. Los tenores medios obtenidos indican 600 ppm Cu, 85 ppm Mo y 0,1 g/t Au (Mir y Mancini 1973).

Santa Inés no es un pórfiro definido sino un área de alteración hidrotermal que emerge de un sistema de fracturación, con numerosas brechas de cizalla, en un zócalo heterogéneo de rocas paleozoicas. El prospecto ocupa una superficie de 15 ha en el extremo norte del salar de Río Grande, a la vera de la ruta provincial 59 que une Caípe con La Casualidad. El

área de blanqueo hidrotermal tiene diseño irregular con alteración filica, argílica, silícea y muy escasa epidotización. La geoquímica sobre roca lixiviada indica promedios de 150 ppm Cu y en roca fresca promedios de 400 ppm Cu. Se han realizado tres perforaciones, una de las cuales tiene 104 m de longitud. El contenido metálico de los sondeos es de 250 ppm Cu y 30 ppm Mo (Ramallo 1973).

17. Depósitos vetiformes subvolcánicos

Este metalotecto tiene una importancia económica relevante en nuestra minería metalífera y sus depósitos están genéticamente relacionados al vulcanismo orogénico que tuvo lugar durante el Cenozoico Superior en todo el perímetro de la cuenca pacífica, en estrecha asociación con la serie calcoalcalina andesitadacita-riolita (Steinmann 1910, Watanabe 1923, Lindgren 1933). El papel de estos acontecimientos magmáticos en la metalogenia de las comarcas del norte argentino, en especial durante el Mioceno Medio, ha sido muy destacado recientemente (Malvicini y Llambías 1982, Coira 1983, Peralta 1984).

La vinculación de las mineralizaciones con los grandes rasgos tectónicos representados por las megafracturas transversales de rumbo ONO-ESE, ha sido considerada por Figueroa (1971) y Baldi (1981). Si bien la escala del metalotecto principal es de primer orden al configurar una faja continental submeridiana, es interesante señalar la distribución de estos distritos vetiformes a lo largo de las cadenas volcánicas transversales coincidentes con las megatrazas mencionadas en el segmento andino central de Bolivia y Argentina (Alonso et al. 1984). La relación de los metalotectos de filiación volcanogénica con los lineamientos tectónicos es muy evidente, en especial con las megatrazas Ollagüe-Lípez-Coyahuaima; Calama-Olacapato-Toro y Llullai-co-Archibarca-Galán, las cuales controlaron el emplazamiento de grandes edificios volcánicos complejos y a veces poligénicos (Granada, Coyahuaima, Quevar, Acay, Antofalla, Galán, Farallón Negro). Algunos campos menores --domos endógenos,

stocks, pequeños conos monogénicos-- se distribuyen entre las cadenas volcánicas transversales a lo largo de importantes fallas submeridianas que limitan las depresiones endorreicas de salares y salinas (Huayra Huasi - Bayo Olán - Turi Lari en el borde oriental de la depresión Cauchari-Olaroz o Inca Viejo-Raton-Becqueville en los flancos de la depresión Centenario-Hombre Muerto, entre otros) (Méndez 1974). Varias de estas fallas coinciden con lineamientos regmáticos reactivados que han afectado el zócalo de la Puna desde el Paleozoico, como acontece en el flanco oeste de la Formación Oire.

Los distritos mineros más destacados representan campos filonianos vinculados a los complejos de estratovolcanes que evolucionaron durante el Mioceno y Plioceno, a partir de la fase Pehuénchica. En estos campos filonianos existe un tren descendente de temperaturas de formación en la sucesión hidrotermal, sin que sea siempre posible delimitar estas temperaturas entre las vetas de un distrito, ni sea conveniente elegir un criterio de agrupamiento que separe campos filonianos cogenéticos en donde los diferentes niveles térmicos y pulsos de mineralización están asociados a un mismo centro volcánico.

En este sentido la naturaleza de la mineralización proporciona un criterio simple para agrupar las vetas del metalotecto en tres subtipos: Filones de Pb, Zn, Ag (Cu, Bi), Filones de Sb, Au y Filones de Sn, Ag. En la mayoría de los casos las vetas se alojan en las rocas volcánicas mismas (minas Pan de Azúcar, La Esperanza, La Victoria) o bien tienen una relación espacial muy próxima con éstas (La Concordia, Julio Verne, El Recuerdo), proximidad que permite inferir una filiación genética directa. Sin embargo, en ciertos distritos, los filones intruyen formaciones sedimentarias alejadas de rocas ígneas aflorantes y en donde se debe suponer que ellas cubren cuerpos intrusivos localizados en profundidad (mina Pirquitas en Jujuy, Vetillas y Huanuni en Bolivia). Algunos de estos depósitos tienen paragénesis muy peculia-

res en un contexto geológico que ha llevado a suponer la existencia de una actividad prolongada, a través de varias épocas metalogénicas. En la provincia de estaño y plata de Bolivia los estudios realizados indicarían que las últimas mineralizaciones, de naturaleza subvolcánica, se habrían enriquecido a partir de antiguas ocurrencias del basamento plutónico-metamórfico de la Cordillera Real (Schneiderhöhn 1962, Ahlfeld y Schneider Scherbina 1964, Ahlfeld 1967, Lehmann 1979, Lehmann y Pichler 1980).

17.1. Filones de Pb, Zn, Ag (Cu, Bi)

Estos depósitos indican la presencia de la llamada provincia polimetálica del altiplano en las comarcas de Salta y Jujuy. Vetas subvolcánicas similares se extienden en territorio de Perú y Bolivia (Petersen 1965, Ahlfeld 1967). La provincia polimetálica se repite con edades y características comunes alrededor de la cuenca pacífica configurando un vasto cinturón metalogénico.

Con el distrito del volcán Granadas y las manifestaciones vetiformes de Pb, Ag y Zn del cerro Coya, se inicia en territorio argentino la cadena volcánica transversal Ollagüe-Lípez-Coyahuaima. Al pie del cerro Fundiciones yacen las menas del prospecto Chinchilla que muestran blenda, galena, pirita, tetraedrita, calcopirita y pirargirita en ganga de cuarzo y siderita. El distrito Pan de Azúcar se vincula al emplazamiento de domos dacíticos, con edades de 12 m.a. \pm 2 (Coira 1979), al sur del bolsón de Pozuelos. Incluye la mina Pan de Azúcar y las manifestaciones España y Potosí (Igarzábal 1969). Son vetas leptotermales cuyos minerales esenciales --blenda, galena, marcasita y pirita-- yacen en ganga de cuarzo y calcita, con cantidades menores de baritina, siderita, alunita y fluorita. Se han identificado veinte minerales primarios y numerosas especies supergénicas o de oxidación. Las reservas estimadas son del orden de 50.000 t con una ley media de 4,92% Pb, 5,91% Zn y 377.5 g/t Ag (Svetliza 1980). Similares características presenta el

prospecto Rachaite, con vetas epitermales de galena, blenda y pirita en ganga de cuarzo, relacionadas a vulcanitas andesíticas cuyas tobas proporcionan una edad radiométrica de 12 m.a. \pm 1 (Linares 1979). Vetas semejantes están asociadas a los cuerpos dacíticos de Huayra Huasi (Coira 1983) datados en 11,8 m.a. (Schwab y Lippolt 1974).

En la cadena volcánica asociada a la megatraya Calama-Olacapato-Toro, filones de Pb, Ag, Zn, Sb y Cu se refieren al pórfiro dacítico de Poquis en Chile, el cual ha proporcionado una edad de 12,8 m.a. (Marinovic 1979). El distrito del volcán Quevar tiene varias vetas de este tipo, por ejemplo en las minas Vince y Armonía, ricas en plata y de una compleja mineralogía epitermal, donde se destacan galena, semseyita, aramayoíta y diaforita (Sillitoe 1975, Brodtkorb et al. 1978). En rocas dacíticas del cordón de Aguas Calientes yacen importantes vetas de Pb, Ag y Zn pertenecientes a los yacimientos California (Gutiérrez 1977), La Negra, La Esperanza, La Poma, La Vieja Esperanza y El Porvenir. Galena, blenda, pirita, calcopirita, tetraedrita y marcasita integran la mineralización metalífera principal de estas vetas leptotermales. La mina La Esperanza tiene 260.000 t de reservas con un contenido metálico de 11% Pb y 191 g/t Ag (Argañaraz y Sureda 1979). La manifestación Acazoque consiste en una veta epitermal de baritina, cuarzo y fluorita, con cantidades menores de galena y pirita, que penetran las rocas graníticas de la Formación Oire (Meregaglia 1978). Alrededor del domo dacítico Concordia se extiende una aureola de alteración hidrotermal, de naturaleza sericitica, argílica y silíceas, que muestra un campo filoniano periférico. Los depósitos Vicuña, Emilia, La Paz, La Concordia, Matilde, Polvorilla, El Recuerdo y Flamarión están en relación genética con la Dacita Concordia. Por lo general son vetas meso a epitermales, con algunas paragénesis minerales de mayor temperatura en el prospecto El Recuerdo. La mina La Concordia tiene 40.000 t de reservas medidas con 491 g/t Ag, 5,6% Pb, 1,26% Zn y

0,6% Cu (Catalano 1941, Argañaraz et al. 1982). Las vulcanitas de la quebrada de Organullo son cuerpos heterogéneos donde predominan rocas dacíticas y muestran áreas irregulares de alteración hidrotermal que afectan tanto las magmatitas como las formaciones sedimentarias más antiguas. En fajas saltuarias alternan rocas inalteradas con propilitas, silexitas y argillitas, acentuándose la alteración hidrotermal en los cruceros de fallas. Al complejo subvolcánico Organullo se vinculan los depósitos mayores Julio Verne, Diana y las manifestaciones Fátima, Macarena, Organullo y La Poma. La veta del prospecto Julio Verne yace en areniscas y lutitas ordovícicas con una mineralización polimetálica poco frecuente --Cu, Au, Bi, Pb, Zn-- que tiene, en ganga de cuarzo: pirita, tetraedrita, oro, bismutinita, bismuto, calcopirita, estannina, blenda y galena entre otras especies primarias menos abundantes (Sureda et al. en prensa). Mina Diana es una veta cuarzosa epitermal emplazada como relleno de fracturas en dacitas, que ha sido explotada en cuatro niveles. Galena, blenda, pirita, calcopirita, tetraedrita, buerbonita, pirargirita y estannina han dejado en superficie numerosos minerales de oxidación (Pelayes 1981, Quiroga 1982).

En el faldeo sudoccidental del cerro Acay, algunas vetas epitermales vinculadas al complejo volcánico Negra Muerta penetran las rocas efusivas, areniscas terciarias y las sedimentitas del Grupo Salta (Llambías et al. 1984). Los depósitos Saturno, Huaico Hondo, Encrucijada Milagro y Rosario tienen blenda, galena, pirita, calcopirita y tetraedrita como minerales principales. En un pórfiro riódacítico ubicado al este del salar de Ratones asoman los filones plumbíferos de los prospectos Soroche y Vulcano, de una mineralogía muy simple representada por galena, blenda y escasa pirita. Agua de las Palomas es un prospecto polimetálico aurífero asociado a brechas dacíticas silicificadas al sur del salar de Diablillos. Manifestaciones plumbíferas menores yacen en la Puna salteña en conexión al domo dacítico ubicado en el extremo

noreste del cordón de Copalayo. Entre el salar de Rincón y el salar de Arizaro, en el área de Chaschas, las manifestaciones Mercedes, Eugenia y María muestran vetas de calcopirita y galena, junto a diques riódacíticos, que penetran rocas encajonantes ordovícicas. Las manifestaciones de cerro Arita, al sur del salar de Arizaro, consisten en dos filones andesíticos con una mineralización epitermal en los hastiales, formada por baritina y galena, esta última con un contenido en plata de 628 g/t (Angelelli 1950).

17.2. Filones de Sb, Au

Estos depósitos pertenecen a la categoría epitermal y tienden a una mineralogía sencilla: cuarzo con antimonita y a veces pirita u oro libre en ganga de sílice, frecuentemente microcristalina. Genéticamente relacionados con el cinturón polimetálico andino, su dispersión es amplia, pero su número es comparativamente reducido. En parte corresponden a las manifestaciones en territorio argentino de la provincia antimonífera sur boliviana (Ahlfeld 1952) cuyos mejores exponentes, próximos a la frontera, son los yacimientos Rosa de Oro, Concepción y La Candelaria. La cadena volcánica transversal Ollagüe-Lípez-Coyahuaima contiene también en nuestro país las mejores vetas.

El yacimiento Pabellón, hoy inactivo, ha sido el más trabajado. La extracción de minerales de antimonio se inició en 1936, produciendo en cuatro años 800 t de mena con una ley media de 60% Sb. En diez años se han obtenido unas 15000 t con un tenor de 20 g/t Au (Angelelli 1950). Otras manifestaciones son las del cerro Lina, Laguna Pululus, Puyita, Santa Bárbara y Coyahuaima. El distrito minero Incachule, en el faldeo oriental del cordón de Aguas Calientes, es la última yacencia conocida de este tipo en la Puna salteña.

17.3. Filones de Sn, Ag

Las vetas del conocido distrito minero Pirquitas, en la Puna jujeña, representan el apéndice meridional de la provincia estannífera boliviana (Ahlfeld

1948), la cual se extiende 900 km a lo largo de la Cordillera Real. Una evolución ensiálica con mineralizaciones metalíferas de W, Sn, Bi está asociada al emplazamiento de granitos y granitoides mesozoicos (180-195 m.a.), del tipo S, en el tramo norte de la faja estannífera. Filones xenogenéticos subvolcánicos enraizados en este zócalo cristalino proporcionan menas argento-estanníferas de rasgos mineralógicos y texturales muy característicos, en la sección austral, desde Oruro (Chace 1948) a Pirquitas (Malvicini 1978). Este desarrollo volcánogénico sobreimpuesto durante el Mioceno-Plioceno, culmina con fases exhalativas y termales aún activas. El estaño de la provincia boliviana, a través de los tiempos geológicos, proporciona un ejemplo interesante de herencia metalogenética. (Schneider-Scherbina 1962, Schneider and Lehmann 1977).

En el departamento Rinconada de Jujuy, los filones de estaño y plata de Mina Pirquitas encajan en sedimentos ordovícicos de la Formación Acoite donde abarcan un área oval de 800 por 600 metros en ambos flancos de la quebrada del río Pircas. La grauvas, cuarcitas y lutitas paleozoicas están intensamente plegadas conformando estructuras volcadas al este. Las vetas ocupan fracturas transversales al plegamiento o albardas en las alas y charnelas. La paragénesis mineral permite reunir dos grupos de vetas según se hayan formado en uno o en dos sucesos mineralizantes diferentes. El emplazamiento de las vetas cercano a la superficie queda documentado por las texturas de los minerales, la zonación telescópica y la disminución de potencia en profundidad. La cristalización de minerales de temperaturas altas en niveles someros (pirrotina, casiterita, pirita, arsenopirita, cuarzo) y la superposición de especies propias de temperaturas de formación media a baja (schalenblenda, galena, estannitas, calcopirita, sulfosales de Sb y Pb, teallita, franckeita, cilindrita, sulfosales de bismuto, sulfosales de plata y antimonita) junto a la zonación telescópica, permiten clasificar estos depósitos como

xenotermiales (Malvicini 1978). La complejidad paragenética ofrece un variado contenido mineral, donde se encuentra una especie propia del yacimiento, la pirquitasita $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$, asociada con hocartita, pirita, wurtzita, franckeita, aramayoita, estannina, kesterita, rodcleritannita y marcasita (Johan y Picot 1982). La producción de mina Pirquitas es de 180 - 200 t/día de mena con leyes de 1 - 1,2% Sn y 0,5 - 0,6% Ag. Una planta de concentración elemental, con métodos hidrogravimétricos, obtiene leyes comerciales de 15 - 17% Sn y 4 - 5 kg/t Ag. Estos concentrados se embarcan a granel para su exportación. Actualmente se realiza una explotación subterránea, en diferentes niveles, sin embargo las reservas existentes permitirían el desarrollo de una explotación integral, a cielo abierto, sobre el sistema de vetas (Arroyo 1979, Tuttolomondo 1982).

Depósitos menores de estaño y plata siempre en la Puna de Jujuy, se han reconocido en las manifestaciones Oros mayo y Yungara. En Yungara los filones encajan en sedimentos paleozoicos pero estarían genéticamente relacionados a los cuerpos riódacíticos datados en $11,8 \pm 0,4$ m.a. (Schwab y Lippolt 1974). En la frontera con Bolivia, el complejo volcánico Panizos-Alcoak-Salle muestra un área considerable de alteración hidrotermal y mineralizaciones subvolcánicas de Sn, Ag y Sb. El depósito más destacado correspondería a una brecha de explosión en la sección superior de un sistema geotermal. La paragénesis, de nivel epitermal, contiene pirita, casiterita, melnicovita, arsenopirita, rodoestannita, blenda, oro, berthierita y antimonita (Coira et al. 1984). Este último tipo de depósito representaría una transición doble, hacia las paragénesis propias de la provincia antimonífera sur boliviana por un lado (17.2) y hacia los depósitos exhalativos y termales por el otro (20.4).

18. Extrusivas ácidas a mesosilíceas

Vinculados a los extremos más ácidos del vulcanismo calcoalcalino de la cordillera andina, se encuentran algunos

productos de uso industrial o de aplicación en la construcción representados por perlitas, obsidianas, pumicitas y puzolanas. El aprovechamiento de las materias primas citadas en la minería del noroeste argentino es relativamente reciente y comienza a partir de 1962, pero ha tenido una evolución auspiciosa. La gran difusión y volumen que alcanzan las tobas e ignimbritas riolíticas o riódacíticas aseguran la importancia de este metalotecto litológico en el área puneña y permiten identificar los principales subtipos. Los contenidos geoquímicos comparativamente altos en uranio de estas rocas, favorecen la distinción de un tercer subtipo potencial, promisorio en la prospección de recursos nucleares.

18.1. Perlitas y obsidianas

Las ocurrencias principales de estas vulcanitas se agrupan en cuatro distritos conocidos como Quirón, Quebrada de Rupasca, Ramadas y Vega de Arizaro. Las perlitas de la quebrada de Quirón, de típicos colores verdosos, se asocian con obsidianas, felsitas y brechas volcánicas en cuerpos mantiformes irregulares contenidos en andesitas del flanco sur del volcán Azufre (Quartino et al. 1971). El análisis químico de la cantera Crio-llita muestra: $\text{SiO}_2 = 62,82\%$; $\text{K}_2\text{O} = 4,63\%$; $\text{Na}_2\text{O} = 2,90\%$; $\text{CaO} = 1,10\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,91\%$ y humedad + pérdida por calcinación = 4,70% (Schalamuk et al. 1983). Similar yacencia se observa en la quebrada de Rupasca con facies perlíticas grises, blancas y fibrosas repetidas e intercaladas en coladas dacíticas. De este tipo son las perlitas de la cantera Justa, en el área Organullo (Viera 1975). En Ramadas, las perlitas y obsidianas granatíferas constituyen coladas lávicas ameboidales, dentro de los límites de una caldera de explosión, configurando las etapas finales de un episodio volcánico acaecido hace 8,5 m.a. (Viramonte et al. 1984b). Las presentaciones de la Vega de Arizaro, con importantes recursos estimados (Franklin-Geomines 1983), incluyen las ocurrencias del domo extrusivo y coladas asociadas en el cerro Amarillo, compuesto

dominantemente por rocas hialinas blancas con participación mayoritaria de variedades duras o expandibles y las ocurrencias del cerro Morado ubicadas al norte, comparativamente modestas y con variedades no expandibles.

Petrográficamente las rocas explotadas son holohialinas, de textura perlítica, con escasa participación de accesorios cristalinos limitados a biotita, feldespato o granate. Las reservas estimadas sólo en algunos depósitos del grupo Quirón superan las 6×10^6 t (Quartino et al. 1971). Sin embargo el rendimiento efectivo de las extracciones en cantera permite predecir una importante reducción en la magnitud de las cubicaciones preliminares (Viramonte comunicación personal). Además de su empleo en construcción, las perlitas se utilizan en la tecnología criogénica y en la industria química.

18.2 Pumicitas y Puzolanas

El granulado volcánico, designación comercial de tefra lapillítica, se comienza a utilizar a partir de 1977 como material de carga en paneles prefabricados de hormigón. Los depósitos consisten en pumicitas sueltas de composición dacítica, generadas por la actividad explosiva del volcán Socompa, cuyo mayor episodio fue la nube ardiente del Negros de Aras en la vertiente occidental (Deruelle 1978). En territorio argentino, se explotan horizontes inconsolidados de ocasional retrabajado eólico, con espesores variables entre 0,3 y 1,5 metros, que cubren una superficie superior a los 35 km² (Franklin - Geomines 1983).

Los materiales volcanogénicos de eventual empleo como puzolanas están muy difundidos, aunque sólo recientemente se han iniciado estudios de tipificación tecnológica destinados a caracterizar sus presentaciones puntuales. En ese sentido, Viramonte et al. (1983) describen las propiedades y aptitudes puzolánicas de las ignimbritas dacíticas y tobas pumiciticas del complejo volcanoclástico Los Patos, cercano a San Antonio de los Cobres, donde señalan reservas indicadas superiores a 7×10^6 toneladas. El aprovechamiento de este renglón depende de la demanda regio-

nal, encabezada por la industria cementera

18.3. Uranio en Ignimbritas

El hallazgo reciente de importantes concentraciones de uranio en Macusani, Perú (Herrera y Rosado 1981, 1984, Arribas y Figueroa 1984), sumadas a las manifestaciones nucleares de Cotaje, en el distrito uranífero Sevaruyo, Bolivia (Aparicio 1981) ha llamado la atención sobre el potencial metalogénico de los términos más ácidos del vulcanismo de los Andes Centrales, cuyo tramo austral ocupa una extensa superficie del noroeste argentino. Los factores concurrentes de condicionalidad favorable estarían ligados a los grandes volúmenes de tobas e ignimbritas silíceas, de importancia geoquímica como rocas fértiles uraníferas, junto a procesos de alteración, lixiviado y concentración en ámbitos geomorfológicos adecuados. Los indicios conocidos en la puna jujeña incluyen las anomalías de Aguilirí, cerro Galán, Turi Lari, Ramallo, Cusi Cusi y Pairiqui Chico, con tenores variables entre 10 y 35 ppm de uranio, alcanzando 1000 ppm en el prospecto Aguilirí (Stipanovic et al. 1984, Gorustovich et al. 1985).

19. Evaporitas interestratificadas terciarias

Sobre el relieve preincaico del noroeste argentino se extienden varias cuencas sedimentarias continentales que albergan potentes sucesiones detríticas, superando los 10 kilómetros de espesor de columna integrada, con importantes intercalaciones volcánicas y evaporíticas en algunas secciones. La extensión de estas cuencas es amplia y regular en las comarcas orientales de Salta y Jujuy, especialmente en los ámbitos deposicionales del Grupo Orán. Por contraparte, en las comarcas vallistas y puneñas occidentales, las cuencas son estrechas y discontinuas, separadas por lineamientos tectónicos y pilares subpositivos que han impuesto cierto desarrollo independiente a sus acumulaciones sedimentarias (Salfity et al. 1984), todas ellas estrictamente terrígenas.

El metalotecto descripto reúne las

yacencias de evaporitas interestratificadas en las formaciones sedimentarias comprendidas entre las fases diastróficas Incaica y Diaguitica, ocupando el lapso que media desde el Eoceno al Plioceno inclusive. Los subtipos considerados atienden a las especies salíferas dominantes en los cuerpos evaporíticos y tienen un significado minero elemental, en correspondencia con las concesiones otorgadas, los cateos realizados y las canteras en explotación.

Desde el punto de vista genético el panorama no es tan simple. Los mayores recursos de la región en la materia son de origen continental y se ubican en las comarcas elevadas de la Puna a partir de la fase Quechua. En su desarrollo concurren, de modo relevante, el clímax del vulcanismo calcoalcalino subaéreo con la emisión de enormes volúmenes de material y el cierre endorreico de las cuencas intermontanas sobreelevadas. La influencia de las fuentes termales y las fases exhalativas póstumas de los episodios volcánicos en el aporte de B, S, As y soluciones cloruradas de elementos alcalinos y alcalinos-térreos a las áreas deprimidas, se perfila como un factor esencial en las concentraciones evaporíticas continentales y en la génesis de los salares andinos antiguos y modernos. Los trabajos pioneros de Reichert (1907), Barnabé (1915) y Catalano (1930) valoran progresivamente el papel del vulcanismo como fuentes de sales, por sobre el lixiviado de las masas rocosas superficiales en el ciclo exógeno. Estudios recientes tienden a confirmar la influencia volcanogénica dominante en el aporte haloquímico a los salares (Chong Díaz 1984, Alonso y Gutiérrez 1984, Viramonte et al. 1984c). Evaporitas de origen marino están restringidas a los confines sudorientales de la provincia de Salta, en donde la penetración atlántica durante el Mioceno ha dejado litofacies marginales --evaporitas de la Formación Anta (Gebhard et al. 1974)-- posiblemente conectadas con la Formación Paraná a través de la planicie chaco-pampeana.

19.1 Sulfatos

En la Puna austral, yeso y anhidrita acompañan los así llamados megacuerpos salinos de Pastos Grandes, Antofalla, Tincaiyu y Tolar Grande (Alonso et al. 1984). En Pastos Grandes y Antofalla representan una proporción mayoritaria del casquete o unidad de cobertera de la masa de halita. En Tolar Grande el yeso configura la base del cuerpo salino. Aquí la halita apoya en una plataforma de 30 metros de potencia visible integrada por alabastro y selenita en bancos individuales que no superan el metro de espesor. En los tres casos los recursos potenciales son considerables.

En el departamento de Rosario de la Frontera, provincia de Salta, en especial sobre la margen izquierda del río Horcones, asoman bancos de evaporitas que alcanzan 1 a 2 metros de potencia y permiten la extracción de yeso, única actividad minera de la zona. Las canteras Copo Quile y Puente de Plata explotan el yeso de la Formación Anta. Una muestra de la cantera Puente de Plata ha proporcionado los siguientes resultados analíticos: $SO_3 = 38,87\%$; $CaO = 29,72\%$; $MgO = 0,69\%$; $Fe_2O_3 = 0,80\%$; $Al_2O_3 = 0,45\%$; insolubles = $10,35\%$; pérdida por calcinación = $19,25\%$. Porcentaje yeso = $83,57\%$ (Schalamuk et al. 1983). Al sur del departamento Cafayate, en el Morro de la Salina, existen niveles lacustres de yeso y halita pertenecientes a la Formación Andalhualá del Grupo Santa María (Ruiz Huidobro 1965).

19.2 Boratos

Es el renglón más destacado del metalotecto y sus depósitos poseen una importancia económica relevante en la minería de la región. Su conocimiento evoluciona a partir de las investigaciones iniciales de Reichert (1907), Catalano (1926, 1927) y con el trabajo de diversas empresas comerciales. Comparativamente, las borateras argentinas intercaladas en las sucesiones estratigráficas del Terciario continental de la Puna austral tienen mejores perspectivas y recursos potenciales que los depósitos equivalentes del altiplano de Chile, Perú y Bolivia.

El desarrollo del vulcanismo andino

introduce rocas efusivas y piroclásticas en las columnas sedimentarias que, desde el Eoceno postincaico, rellenan las áreas negativas de la Puna. Las intercalaciones tobáceas han permitido fechar los depósitos terciarios de boratos y las mayores masas evaporíticas en alrededor de 6 m.a., lo cual corresponde al Mioceno superior y más precisamente al Messiniano, edad que se ha caracterizado, a escala planetaria, por la notable difusión de litofacies evaporíticas. Esta edad sucede a la culminación de un intenso vulcanismo concomitante con los movimientos de la fase Quechua principal. Dataciones radimétricas de las tobas de Tincalayu han proporcionado 5,8 m.a., entre 6,25 y 6,8 m.a. las de Pastos Grandes y 6,9 m.a. las de Loma Blanca (Alonso et al. 1984).

Tincalayu es la principal mina de bórax sudamericana y está ubicada en la península homónima sobre el borde norte del salar del Hombre Muerto, Salta. Posee un banco de mena groseramente tabular, con dimensiones de 1000 x 150 metros y con una potencia entre 10 y 50 metros, inserto en los niveles superiores del Grupo Pastos Grandes (Formación Sijes). La sección estratigráfica muestra hacia el piso una masa de halita, de base desconocida, y el cuerpo intermedio de boratos con intercalaciones de areniscas, pelitas y tobas. Los sedimentos clásticos citados integran casi exclusivamente la parte superior de la sección con algunos niveles de yeso y anhidrita. Derrames basálticos cuaternarios cubren irregularmente esta sucesión, cuyo conjunto configura un bloque estructural emergente enmarcado por dos grandes fallas normales de rumbo NNE-SSO (Cornejo Torino y Raskovsky 1981). El cuerpo mineralizado contiene bórax como mineral dominante y cantidades menores de kernita, tincalconita, kurnakovita, ulexita y rivadavita. Algunas especies minerales son de yacencia exclusiva o bien boratos raros e infrecuentes: inderita, ezcurrita, ameghinita, probertita, aristarainita, ginorita, macallisterita y searlesita (Muessig y Allen 1957, Hurlburt et al. 1973, Hurl-

but y Aristarain 1967 a y b, Aristarain y Hurlbut 1967, Aristarain y Erd 1971, Hurlbut y Erd 1974, Aristarain et al. 1977 y 1978). Desde 1958 mina Tincalayu ha introducido 1×10^6 t de bórax en el mercado mundial, explotando inicialmente menas con leyes de 45% B_2O_5 . En la actualidad beneficia recursos indicados con ley de corte del 18% B_2O_5 y una magnitud de 5×10^6 toneladas. Su cantera a cielo abierto, con acceso espiral, es la mayor operación minera de esta naturaleza en el norte argentino.

Los depósitos próximos a Santa Rosa de los Pastos Grandes, Salta, consisten en numerosas pertenencias mineras ubicadas en las serranías adyacentes al salar homónimo. Los cuerpos de boratos están intercalados en la Formación Sijes y proporcionan colemanita, hidroboracita e inyoita como minerales esenciales. Esperanza, Monte Verde y Santa Rosa benefician colemanita. Monte Amarillo, Monte Azul y Santa Rosa, hidroboracita. A su vez Monte Verde y Santa Rosa brindan también inyoita. La ulexita secundaria es muy ubicua y se la puede hallar en casi todos los depósitos. Los recursos potenciales del distrito son muy grandes y se ubican en el orden de 20×10^6 toneladas. Los yacimientos Sijes y Tincalayu son considerados antiguos depósitos de playa de salar, soterrados y deformados (Aristarain y Hurlbut 1972).

En Loma Blanca, Jujuy, los ambientes equivalentes de la Formación Sijes han desarrollado depósitos de bórax en el lodo de antiguas lagunas o playas de salar. Una sección estratigráfica expuesta de 200 metros de espesor exhibe una estructura homoclinal buzante hacia el NE y cubierta en discordancia por flujos lávicos andesíticos del complejo volcánico Coyahuaima. En ella yacen dos bancos inferiores de bórax de 1,5 metros de potencia y tres niveles delgados de inyoita hacia el tope. La mineralización consiste en cristales euhedrales de bórax incluidos en una matriz limo-arcillosa. En los afloramientos y en los niveles superiores inyoita, ulexita, colemanita y teruggita representan la asociación boratífera del

depósito (Aristarain y Hurlbut 1968, Alonso et al., en prensa). Otras yacencias de boratos interestratificados terciarios, aún no explotados, se conocen en las serranías orientales del salar de Cauchari conteniendo ulexita y colemanita (Alonso y Viramonte 1985a). Junto a las evaporitas del cerro Codo de Agua fue hallada howlita (Gay et al. 1972).

El origen de los yacimientos boratíferos terciarios reconoce factores concurrentes similares a los que actuaron formando los depósitos modernos de boratos y evaporitas recientes en los depocentros cerrados de la Puna. Es evidente también que estas últimas yacencias han tenido como fuente alternativa adicional la erosión y el lixiviado de sus homólogas más antiguas. En este sentido, un considerable número de depósitos de boratos cenozoicos, con filiación exógena, son probadamente policíclicos, en especial aquellos formados luego de la fase Diaguitica. Una anomalía geoquímica regional en boro se insinúa desde los tiempos precámbricos y permite sospechar que este elemento litófilo participa, a través de las épocas metalogénicas del norte argentino, en un proceso evolutivo ensiálico de profundas implicancias petrológicas y geoquímicas, quizás paralelo al descrito para el estaño en la provincia metalogénica boliviana. Las rocas plutónicas y los complejos anatéc-tico-metamórficos del zócalo cristalino eopaleozoico, en el flanco noroeste de las Sierras Pampeanas Septentrionales, muestran una persistente ocurrencia de turmalina en cantidades siempre llamativas. Ello se corresponde durante el Cenozoico con una emisión preferente de soluciones boratíferas de las fuentes termal localizadas en el extremo oriental de las cadenas volcánicas transversales.

Alonso y Viramonte (1985b) definen la Provincia Boratífera Centroandina que se extiende desde la Laguna Salinas en Perú, al salar de Maricunga en Chile a lo largo de 1500 km, con un eje transversal máximo de 450 km entre la depresión central del norte grande de Chile y la cubeta Salinas Grandes-Guayatayoc en la Puna jujeña de Argentina. La subprovincia boratífera

de la Puna Oriental comprende las ocurrencias descritas en este apartado y reúne la mayor concentración de boratos de América del Sur.

19.3. *Cloruros*

Actualmente, los recursos de mayor envergadura en sal gema pertenecen a este apartado y proceden de los megacuerpos salinos terciarios de la Puna Austral. Las reservas geológicas de sal involucradas superan las 50×10^9 t (Alonso et al. 1984). Los depósitos de sal gema de Tolar Grande y Pastos Grandes son descritos por Sgrosso (1943).

El cuerpo de sal de Tincalayu ocupa un área mínima de 20 km^2 y un espesor también mínimo de 160 metros. El perímetro y la potencia considerados corresponden al control de perforaciones, las cuales no lograron atravesar la unidad. Se estima que existe un considerable flujo de sal, de tipo diapírico, debido a los esfuerzos tectónicos ejercidos sobre el bloque estructural de la península de Tincalayu.

El cuerpo salino Pastos Grandes tiene una elongación comprobada de 40 km y un ancho mínimo de 5 km, con una potencia estimada en 500 metros a través de reconstrucciones estratigráficas tentativas. El espesor mínimo asegurado mediante un sondeo atravesó 130 metros de sal sin alcanzar la base. Los indígenas del período prehispánico han minado el cuerpo de Pastos Grandes según indicios arqueológicos, en proporciones por demás modestas (Alonso et al. 1984).

Los depósitos de halita de Antofalla y Tolar Grande pertenecen a la Formación Pozuelos del Grupo Pastos Grandes. En Antofalla, el cuerpo de sal puede reconstruirse con una geometría aproximada de 30 por 6 km y unos 500 metros de potencia. El cuerpo salino de Tolar Grande tiene dimensiones mínimas de 10 por 2 km y 100 metros de espesor, con una sal gema muy pura que ha sido objeto de extracciones comerciales.

En el flanco oriental del valle Calchaquí, frente a Tolombón y próximos al Morro de la Salina, existen bancos de halita intercalados en las formaciones

superiores del Terciario continental perteneciente al Grupo Santa María (Ruiz Huidobro 1965).

20. Depósitos exhalativos y termales

Las fases terminales de los episodios volcánicos andinos han derramado en superficie un volumen considerable de fluidos portadores de varios elementos y sustancias de interés económico. La mayoría de los grandes centros de estratovolcanes se forman a través de un proceso evolutivo que abarca varios millones de años e incluye diferentes episodios termales tardíos. El vulcanismo es un factor metalogénico trascendente al incorporar importantes cantidades de materia al ciclo geoquímico menor. La naturaleza subaérea del vulcanismo en el noroeste argentino ha condicionado estos fenómenos póstumos a los campos de fumarolas, solfataras y fuentes termales. Depósitos mixtos, de origen poligénico, suelen ser el resultado de la interacción activa con los procesos exógenos de meteorización y circulación de aguas vadosas. La conservación de las yacencias originales exhalativas en el ciclo menor implica, por lo general, que los ejemplos más claros atribuibles a este metalotecto estén representados por depósitos recientes, formados con posterioridad a la fase diastrófica Diaguitica.

El estudio de los sistemas geotermales como una de las alternativas destinadas a incrementar los recursos energéticos disponibles ha llevado, en los últimos tiempos, a dedicar considerables esfuerzos en la prospección y evaluación de campos geotérmicos activos. El conocimiento geológico de las áreas termales del noroeste argentino, tanto en las comarcas netamente volcánicas como en aquellas vinculadas con fallas regionales profundas, denota destacados progresos a partir de las prioridades brindadas a las investigaciones sobre energía no convencional (Moreno Espelta et al. 1975, 1979a, 1979b, 1980, 1981, 1982, Aquater 1979, 1980, 1981, Arias et al. 1980, Arias 1983, Arias et al. 1984).

Los subtipos establecidos describen

la composición de los productos depositados por estos fenómenos volcanogénicos, los cuales suponen todas las variantes posibles entre la sublimación en las fumarolas de alta temperatura (Sn, Fe), actividad solfatárica intermedia (S) y la precipitación de soluciones acuosas en fuentes termales que llegan a la temperatura ambiente (Mn, boratos, travertinos).

20.1 *Travertinos*

Desde un punto de vista utilitario, los depósitos de travertinos y calizas hidatogénicas se pueden reunir en dos grupos. Por un lado tenemos aquellas yacencias que poseen las cualidades adecuadas de color, textura, resistencia y belleza que las hacen aptas para obtener mármoles y piedras ornamentales con diversas aplicaciones. En el otro, están las rocas calcáreas de similar origen que, en atención a su situación favorable y elevada pureza química, se explotan como materias primas en la fabricación industrial de cal y cemento. En ambos casos están formados casi exclusivamente de aragonita y calcita.

Las comarcas occidentales de la Puna albergan los principales depósitos del travertino designado en el comercio como mármol, mármol ónix, mármol aragonita y mármol travertino. Configuran mantos de geometría irregular y espesor variable, siempre próximos a la superficie y en conexión con antiguas fuentes termales. Las variedades labradas se clasifican por el color: Rojo Divino, Verde Mundial, Verde Arita, Verde Esmeralda, Rojo Dragón, Caramelo, Azul Cielo; por el grado de impurezas: Inca, San Martín, Cocodrilo; y el tamaño: bloque, bochón, bochoncito, escalla y escallín. Los espesores de los bancos individuales de óptima calidad oscilan entre 15 y 40 cm, a la par que la potencia integrada de los mantos travertínicos rara vez excede los 4 metros.

De la cantera Norma, situada al norte del salar de Rincón y en el grupo minero Catua, proceden los exóticos mármoles de la variedad Azul Cielo, de singular belleza. El grupo minero León, ubicado

al oeste del salar, también ha sido objeto de explotaciones - 540 t en 1975-- en las variedades blanco, blanco amarillento y verde amarillento (Argañaraz 1976). En la depresión de Arizaro se destacan los grupos mineros Arita y Agua del Desierto. En el primero, las canteras Brach, Arita, La Franca y Don Jorge reúnen las mejores yacencias y se extrae mármol tipo San Martín en las variedades Verde Arita, Verde Mundial, Rojo Mundial y Rojo Divino. Únicamente en Brach y Arita, las reservas medidas y probables suman 20000 t (Ballivián 1975). El grupo Agua del Desierto comprende numerosas canteras ubicadas en la margen noroeste del salar de Arizaro, donde sobresalen las denominadas Tía María, Dragón y San Cayetano. En el distrito Tocomar-Olapato se trabaja un manto de travertino expuesto a lo largo de 800 metros con las canteras Nueva Tocomar, Ambar y Cayetana. A este distrito corresponde también el travertino del grupo minero Antuco.

Ocurrencias menores están muy distribuidas en la Puna con pertenencias otorgadas en el extremo norte del salar de Antofalla --grupo Juncalillo--, en los salares Tolillar y del Gallego, entre Archibarca y la vega Chascha, en la quebrada Honda, sierra de Pucará y en el salar de Pozuelos. También en las cabeceras del valle Calchaquí, al sur de La Poma, con la cantera Pozo Bravo. La producción de mármol ónix y similares de la provincia de Salta oscila en las 8000 t anuales. Los depósitos de travertinos equivalentes en Jujuy son más limitados. Predominan las canteras pertenecientes a los distritos limítrofes Tocomar-Olapato y Catua. Las canteras Yungara y Condorhuasi están ubicadas al oriente del salar de Olaroz. En el departamento Rinconada y relacionados con los volcanes Granadas y Coyahuaima, existen mantos de mármol ónix ubicados en las nacientes de los ríos Orosmayo y Rosario respectivamente.

Las calizas hidatógenas y travertinos comunes, destinados a la fabricación de cal y cemento, son más abundantes, tienen una distribución más amplia y algunas unidades alcanzan volúmenes

considerables, con espesores que pueden superar los 30 metros. Su explotación está condicionada en mayor grado por el acceso fácil a la red vial y la proximidad de los centros de consumo. En las comarcas subandinas se relacionan con manantiales termales, fósiles o funcionales, a su vez en estrecha dependencia con sistemas de fracturas profundas. Los travertinos alejados de las áreas volcánicas son en su mayoría depósitos mixtos en donde la participación de calizas sedimentarias disueltas y redepositadas, por las aguas circulantes del sistema geotérmico, puede ser muy importante. Las diferencias en las texturas de las rocas y las mayores dimensiones de estos depósitos estarían vinculadas con la circunstancia indicada.

En el departamento General Güemes, Salta, la Formación El Sauce (Moreno Espelta et al. 1979a) ha sido intensamente explotada mediante tres canteras y ha proporcionado unas 600.000 t en los últimos 15 años a la industria cementera. Con igual destino se explotan en Puesto Viejo, Jujuy, los travertinos de la Formación El Toba (Arias et al. en prensa) que ocupan una superficie aproximada de 23 km² con una potencia media de 6 metros. Hoy están agotadas las canteras Verde Onix y Cabeza de Toba, próximas al río Lavallén y en esta misma formación, que en décadas pasadas se han labrado por mármoles de revestimiento (Sgrossi 1943, Ahlfeld 1948). De las canteras de Puesto Viejo y Volcán procede en la actualidad la producción básica de calizas del noroeste argentino.

20.2. Manganeso y Hierro

Depósitos de manganeso y hierro de pequeñas dimensiones, pero en algunos casos de alta ley, son el resultado de la actividad volcánica y, más precisamente, de los manantiales termales en un rango bastante amplio de temperaturas de formación. Constituyen unidades volcánogeno-sedimentarias en donde las soluciones mineralizadoras impregnan las rocas de caja y las estructuras pró

ximas (Cortelezzi 1975). A menudo muestran forma de lente y una geometría concordante con la estratificación del material piroclástico y las rocas sedimentarias afectadas. En algunas ocasiones la deposición manganesífera es sin-genética con los sedimentos, sin embargo muchas veces es posible demostrar la relación epigenética de las partes. Las sedimentitas portadoras son de variada naturaleza y edad, aún cuando predominan las areniscas, tobas y demás sedimentos terrígenos del Cenozoico superior. Cuerpos discordantes de mena ocupan diversos rasgos estructurales desde el clásico relleno de fracturas a las superficies de discontinuidad interformacionales (discordancias, contactos en los bordes de unidades magmáticas, etcétera). La mineralogía comprende psilomelano, pirolusita, criptomelano, hausmannita, hollandita, hematita, limonitas, entre las especies más frecuentes, con ganga de calcita, aragonita, calcedonia y ópalo. A veces es posible diferenciar yacencias primarias y secundarias. Estas últimas suponen redepósitos a partir de soluciones supergénicas y, por regla general, muestran menores impurezas y mayores contenidos metálicos en manganeso o hierro. Casi toda la producción manganesífera del noroeste argentino se origina en esta clase de depósitos.

En la provincia de Jujuy, los yacimientos de Tafna, intercalados entre las tobas de la Formación Tafna (Turner 1964a) y los conglomerados cuaternarios terrazados, configuran cuerpos irregulares de impregnación con potencias muy variables, que llegan a los 3 metros. Un relleno de falla, con psilomelano, pirolusita y limonita, origina una veta subvertical de rumbo 345° que se extiende por cinco kilómetros, a lo largo de la cual se ubican las pertenencias mineras Silviana Luisa, Marita y Casablanca. En doce años de producción han proporcionado 30.500 t de mineral con 7500 t de manganeso. Las reservas probadas e inferidas son de 350.000 t y 66.000 respectivamente, con leyes medias entre 10 y 15% de manganeso. Sobre material seleccionado se obtienen leyes entre 20 y

30% de Mn (Menoyo y Padula 1972).

Coira (1979) describe las manifestaciones de manganeso localizadas en tobas y brechas de las formaciones Doncellas y Vicuñahuasi en el departamento Cochínoca. Los depósitos Pabellón e Iral muestran impregnaciones de psilomelano en las vulcanitas junto con minerales de hierro y aún de antimonio, tal como acontece en la mina San José. Manifestaciones ferríferas de hematita y goethita que cementan brechas oligomíticas de la Formación Acoite se conocen con el nombre de El Sombrero y Peñas Negras. Algunas asociaciones minerales procedentes de la Formación Doncellas incluyen magnetita, pirrotina e ilmenita, lo cual revela condiciones de mayor temperatura durante la formación de los depósitos. En Tumbaya las pertenencias mineras Santa Teresita y Santa María consisten en depósitos de óxidos de manganeso que afectan los niveles dolomíticos de la Formación Yacoraite. Otras manifestaciones manganesíferas en rocas paleozoicas se conocen en la margen izquierda del río León. Impregnaciones de óxidos de manganeso de baja ley, en vulcanitas, material piroclástico y areniscas se relacionan con los edificios volcánicos poligénicos de Socompa y Tuzgle. En este último caso el manto mineralizado cubre una superficie de 250 ha con una potencia entre 0,10 y 0,60 metros en el techo de la Ignimbrita Trincheras.

En la provincia de Salta, el grupo minero Ochaquí, situado al naciente del salar de Pastos Grandes, reúne diecinueve minas registradas que han producido 12.100 t de mineral, con una ley media de 28% de Mn, en tres años de explotación. La estimación de reservas indica existencias de unas 80.000 t con 25% Mn (Romani 1957, BIRA 1960). Los depósitos se encuentran ligados a las fases termal del vulcanismo del cordón de Aguas Calientes, posiblemente a la Formación Pucará (Turner 1964b). La mineralización impregna terrazas pleistocenas de areniscas, conglomerados y tufitas que apoyan sobre el basamento migmatítico de la Formación Oire. Los cuerpos minera-

lizados, subconcordantes e irregulares, tienen leyes variables y espesores que oscilan entre 0,5 y 2 metros. El grupo minero Remate, al sur del cerro homónimo, muestra un panorama geológico semejante al de Ochaqui. Los depósitos San Justo, San Carlos, Laguna Seca, Olga, Stella, Santa Bárbara, Santa Rosa y Mojón II proporcionan óxidos de manganeso en sedimentos terrazados cuaternarios con varios metros de espesor que culminan en un banco de travertino. Las reservas inferidas son del orden de 70.000 t con 20% de manganeso. Las ocurrencias de Piscuno, en el departamento La Poma, se explotan mediante las minas Ana María y Esteban. La mineralización está alojada en las estructuras favorables presentes en las calizas y areniscas calcáreas de la Formación Yacoraite. Se han desarrollado cuerpos de mena de alta ley, hasta 44% Mn, pero de dimensiones modestas --3400 toneladas-- (BIRA 1963).

En las inmediaciones del cerro Acay existen varios depósitos concordantes de manganeso en areniscas, por lo común infrayacentes a bancos de travertino. Se conocen las minas Jesús, Virgen del Valle, San Santiago y San José en la vertiente oriental. Hacia el oeste, en las proximidades del cerro Saladillo, los depósitos discordantes El Rodeo, Bordo de la Cueva y Sagitario forman vetas y cuerpos irregulares en el contacto de rocas volcánicas cenozoicas. Este panorama se repite en el entorno del cerro Quevar. Las manifestaciones Condorhuasi y Santiago (Mn) y Quirón (Fe) yacen al sur de la quebrada de Quirón. En la vertiente norte, los depósitos Vega Redonda y Olacapato muestran tres bancos mineralizados en areniscas cuaternarias que apoyan sobre ignimbritas. Hacia el noroeste, debajo de bancos travertínicos las minas Judith, Santa Ana, Quevar I-II y Arjona II muestran impregnaciones manganésíferas subconcordantes con areniscas y conglomerados cenozoicos. El depósito ha brindado 1.850 t de mena con leyes entre 20-25% Mn y las reservas estimadas alcanzan 40.000 t de mineral al 20% Mn (BIRA 1956). Manifestaciones manganésíferas de baja ley y

con las características señaladas tienen una dispersión muy amplia en las comarcas volcánicas puneñas. Se las ha denunciado al noroeste del salar de Rincon, en el borde norte del salar de Arizaro y al norte de la estación Unquillar del Ferrocarril General Belgrano. Algunas manifestaciones ferríferas formadas por vetas o cuerpos irregulares de hematita y limonitas, cuya relación con fuentes termales es incierta, se ubican tentativamente en este apartado.

20.3. Plata, Cobre, (Oro, Uranio, Mercurio)

En algunas ocasiones las fuentes termales derivadas de los episodios volcánicos y la actividad geotérmica a lo largo de ciertos juegos de fracturas, han precipitado metales de interés económico. Los depósitos yacen en bancos de travertinos o cementando materiales epiclásticos gruesos en unidades terrazadas del Cenozoico Superior.

Un interesante ejemplo se puede reconocer en los depósitos de plata y cobre concordantes con las secciones conglomeráticas ubicadas en el faldeo oriental de la sierra de Olaroz, departamento Susques, Jujuy (Lizárraga 1981). Mina La Providencia consiste de varios cuerpos de mena estratiformes que yacen en un paraconglomerado perteneciente a antiguas terrazas coluvio-aluviales, hoy infuncionales y sobreelevadas. Las rocas psefíticas son de carácter polimíctico donde predominan litoclastos angulosos del basamento paleozoico próximo sobre las vulcanitas dacíticas y andesíticas. En la sección estratigráfica se intercalan algunos bancos de tufitas claras, blancas, verdosas o rosadas según la procedencia del detrito y el grado de alteración hidrotermal. El área reconocida en los trabajos mineros ocupa unas 150 ha y descubre mantos mineralizados con potencias y leyes muy variables, en correspondencia con la circulación errática de las soluciones mineralizantes a través de los sedimentos. Los espesores en explotación oscilan entre 8 y 10 metros, aún cuando en perforaciones exploratorias se han comprobado hasta 50 metros de potencia.

Los minerales identificados incluyen cerargirita, plata nativa, stromeyerita, calcosina, oro, pirita, acantita, crisocola, malaquita, brochantita, calcantita, psilomelano, aragonita, calcita, yeso, sericita y caolinita. Muestras seleccionadas alcanzan 7,3 kg/t Ag, 5% Cu y 500 ppm Hg.

Los bancos de travertino y aragonita del grupo Agua del Desierto, Canteras Brach y Arita, son portadoras de anomalías uraníferas. Las denuncias registradas corresponden a las manifestaciones nucleares Verde I y II y Nuclear III y IV. La ocurrencia más promisorio es Verde II donde se han inferido 5 t de U_3O_8 con una ley media no inferior al 0,1% (Chiaradía 1981). El estudio mineralógico de la manifestación Verde I ha permitido comprobar la presencia de betauranofano primario, asociado con fluorita, celestina y óxidos amorfos de manganeso. La génesis de los depósitos se adjudica a la precipitación en aguas termales que lixiviaron en su ascenso la roca de campo constituida en todos los casos por granito.

20.4. Estaño y Hierro

Se le atribuye un origen volcánico exhalativo, a partir de fumarolas de alta temperatura, a la singular ocurrencia de casiterita y hematita de la ladera occidental del volcán Pululus, departamento Rinconada, Jujuy (Sgrosso 1943, Ahlfeld 1948). Los minerales forman impregnaciones y películas superficiales en las coladas lávicas, con típicas texturas de sublimación. La casiterita se presenta con una estructura radiada, de hábito espicular, de modo que los individuos alcanzan varios centímetros de largo. En el socavón Yareta del Pululus acompañan la casiterita fumarólica, hematita y angelellita (Ramdohr et al. 1959). Pese a su indudable interés genético, estas presentaciones no tienen mayores perspectivas económicas. Se han citado depósitos similares en los volcanes Zapaleri y San Pedro (Sgrosso 1943).

20.5. Azufre

En la alta cordillera del límite entre la Argentina y Chile, sobre cotas superiores a los 4500 m.s.n.m., se encuentran casi todos los yacimientos de azufre con importancia económica. Ellos ocupan una corrida de 250 km de extensión, en el perímetro occidental del departamento Los Andes, Salta, entre el volcán Socompa y la frontera salto-catamarqueña. Fuera del área indicada existen depósitos de interés en los volcanes Zapaleri y Tuzgle en Jujuy y en el volcán Azufre del complejo Quevar, en Salta.

El azufre nativo es el producto principal de la actividad tardío-volcánica en los campos de solfataras con la cual concluye la formación de algunos edificios volcánicos en la cordillera andina. Es interesante observar la distribución preferente de estos campos de solfataras al sur del lineamiento Calama-Olacapato-Toro, en el ámbito de la Puna austral. El azufre precipita por sublimación directa a partir de sus vapores o bien por reacción oxidante de las fases gaseosas SH_2 y SO_2 . Por lo general, impregna el material piroclástico, escorias y vulcanitas poco consolidadas en las áreas elevadas de los estratovolcanes. La acción solfatárica y las aguas termales alteran las rocas volcánicas y la decoloración implícita aparece como un elemento primario en la prospección minera del azufre. El caliche o sulfiche, resultante de la desintegración avanzada de estas rocas y su mezcla en proporción variable con azufre nativo, yeso, alunita, jarosita, calcedonia y materiales arcillosos, constituye la mena habitual de los yacimientos volcánicos de azufre. Las coladas de azufre muy puro, de alta ley, son una verdadera rareza.

La mina Julia en el volcán Estrella, entre 5100 y 5500 m.s.n.m., ha sido el yacimiento azufrero de este tipo más explotado de la Argentina. Su producción tuvo lugar durante 37 años a partir de 1941, con una media anual de 22.000 toneladas. El manto original de sulfiche y azufre, con leyes que llegaron a 50%, tenía 11 metros de potencia (Cuomo 1949, 1954). Las reservas remanentes actuales se estiman en 500.000 t con

leyes inferiores al 15%. En la corrida de río Grande y en el área austral del cerro Estrella, las reservas probables-
posibles suman 692.000 t al 26% (Bermúdez 1963, IBERGESA 1982). Las manifestaciones de azufre se prolongan hacia el norte en dirección de la corrida de Cori. Al sur del volcán Llullaillaco, las minas Silla, Sursilla y Petrona poseen una estimación de reservas de 1×10^6 t con leyes entre 36 y 11% (Argañaraz 1977). Al norte del Llullaillaco, existen varias áreas promisorias: Filón Azufre, Tres Abras, La Negra, El Aperó, Cerro Bayo y Técar. En la provincia de Jujuy, en la falda oeste del volcán Tuzgle y a 5200 m.s.n.m., mina La Betty operó bajo el límite económico y produjo 1200 t de azufre hasta 1955. Los recursos remanentes se ubican en las 50.000 t de azufre contenido (IBERGESA 1982).

La única yacencia de azufre nativo conocida en el ámbito subandino salto-jujeño procede del paraje Laguna La Quinta, departamento Santa Bárbara, Jujuy (Reverberi 1961, Moreno Espelta et al. 1981). El origen inusual de los depósitos, en estrecha relación de campo con travertinos, debe buscarse en las emisiones de casi un centenar de manantiales termales aún activos y asociados con sistemas de fallas del pie occidental de la sierra de Santa Bárbara. La paragénesis contiene además numerosos sulfatos de potasio y hierro (krausita, metavoltina, voltaíta, entre otros), junto a yeso y aragonita. Se han excavado 60 metros de galerías sobre la Formación Yacoraite, receptora parcial de los depósitos termales, de los cuales se habrían recuperado unas 200 t de azufre.

21. Depósitos biogénicos y residuales

Las contingencias climáticas del pasado geológico reciente han tenido especial relevancia en la distribución y naturaleza de las ocurrencias incluidas en este metalotecto. Interpretaciones paleoclimáticas referidas al Cuaternario de las regiones andinas centrales coinciden en señalar un período frío y húmedo durante el Pleistoceno en correspondencia a una glaciación de extensión variable, que en las provincias de Salta y Jujuy ha estado circunscripta a los

relieves superiores a los 4500 m.s.n.m., con mayor incidencia en las comarcas de la Cordillera Oriental colindantes con la Puna --sierras de Santa Victoria, Aguilar, Chañi y Pastos Grandes-- (Keidel 1922, Liboutry et al. 1958, Polanski 1965, Servant y Fontes 1978, Igarzábal 1984).

El ascenso de las regiones altiplánicas, acentuado tras la fase Diaguita, la naturaleza endorreica de las comarcas sobreelevadas y el clima propicio --modificando sustancialmente las condiciones de aridez prevalecientes en el Terciario superior-- han sido factores de importancia en el origen y la evolución de los lagos pleistocénicos. El registro geológico de estos ambientes lacustres se encuentra muy bien documentado y es evidente que sus expresiones actuales --lagos Titicaca y Poopó, laguna de Pozuelos, para citar algunas-- tan sólo configuran las formas remanentes de sus etapas de máxima expansión, etapas al parecer coetáneas con la fusión y el retroceso generalizado de los glaciares de las altas cumbres. En Bolivia, Servant y Fontes (1978) reconocen tres expansiones lacustres pleistocénicas y ubican entre 12.500 a 11.000 años AP la última extensión. La aridez progresiva en la evolución climática del Holoceno ha marcado la retracción lacustre y, a menudo, la erosión consecuente de sus depósitos.

Los subtipos considerados incluyen las arcillas detríticas y residuales, diatomitas y turberas cuyas yacencias están en estrecha conexión a los ambientes límnicos o al clima húmedo del Pleistoceno. En raras oportunidades, algunos niveles de arcillas y diatomitas podrían estar intercalados en secciones estratigráficas terciarias.

21.1. Arcillas y caolines

En la actualidad, las cuencas de lagos y lagunas cuaternarias suelen exponer litofacies típicas donde predominan los sedimentos finos, con frecuencia varva-dos. Depósitos de arcillas y caolines pueden ocurrir en estas secciones y alcanzar grados de pureza comercial compatibles con las diversas aplicaciones

cerámicas e industriales. Sin embargo, aún incorporando al inventario las ocurrencias de origen hidrotermal, el volumen de los recursos es muy limitado en el norte argentino.

Del departamento Yavi, Jujuy, proceden las únicas arcillas blancas que entran en la categoría comercial de arcillas plásticas. Las minas La Lucha, Yurac, Firj, La Esperanza, La Mercéd y Virginia pertenecen al área de Tafna y han producido mineral hasta 1980, encontrándose hoy inactivas. El análisis químico muestra: $\text{SiO}_2 = 62\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 26\%$; $\text{K}_2\text{O} = 0,73\%$; $\text{MgO} = 0,57\%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,47\%$; $\text{CaO} = 0,26\%$; $\text{P}_2\text{O}_5 = 0,09\%$; humedad = 3,17% y pérdida por calcinación = 6,72% (Heredia 1946). En el departamento La Poma, Salta, mina Julia tiene una cubicación parcial de 10.000 t de arcillas refractarias (BIRA 1965). Las arcillas rojas, muestran dispersión más amplia y una explotación intensiva para la industria de la construcción. Algunos depósitos tienen relación genética con una alteración de las áreas con mineralización hipogénica, tal como acontece en el prospecto Organullo, Salta. Los cuerpos caolínicos pueden ser muy puros, pero son invariablemente pequeños.

21.2. Diatomitas

Las diatomitas del noroeste argentino representan la acumulación mecánica de frústulos de diatomeas en el fondo de lagos y lagunas del Cuaternario. La naturaleza específica de la flora puede indicar la presencia de agua dulce en los antiguos biotopos y permite inferir que numerosos cuerpos continentales de agua de las regiones puneñas han tenido salinidades muy bajas, inclusive en los ambientes actuales de salares y salinas. En estos lugares ha sido posible, mediante el control de las especies fósiles, poner en evidencia una paleosalinidad creciente en el transcurso de los tiempos holocénicos (Frenguelli 1928, 1929, 1930, Servant Vildary 1978).

La producción salteña de diatomita oscila entre 1000 y 2000 t anuales y proviene del distrito minero Catua, en el departamento Los Andes. El grupo Morro

Blanco, con las minas La Salteña, La Catueña, Conalio I y III, muestra varios horizontes blancos de diatomita calidad "B", de hasta 0,60 metros de espesor, intercalados en arcillas grises, amarillentas y verdosas cuyos estratos arrumban con 165° y buzan 15° al SO. El grupo Salar del Rincón, minas Conalio II, IV y VI, yacen en un relieve deprimido y corrugado por asentamientos diferenciales. Contiene un estrato de diatomita calidad "A", de 1,20 metros de potencia, bajo una cubierta detrítica de 1,30 metros de espesor, conjunto invadido periódicamente por aportes freáticos salobres.

En la quebrada de Olajaca aflora una yacencia de calidad "A", con afloramientos de diatomitas a lo largo de 400 metros y espesores visibles de hasta 3 metros, interestrafiadas en arcillas amarillentas. En Salta y Jujuy abundan los depósitos de diatomitas sin categoría comercial. En la región del salar de Pocitos, las minas Huesca y Bolea comprenden ocurrencias saltuarias de diatomitas puras del acarreo reciente de la quebrada de Incahuasi, carentes de importancia económica por su reducido volumen. Existen manifestaciones situadas al este de la laguna Socompa cubriendo una superficie de 9 hectáreas. En el departamento La Poma, sobre la margen derecha del río Los Patos y bajo su acarreo reciente, asoman horizontes de diatomita impura con materia orgánica y raíces. En el departamento Yavi, los afloramientos en la margen derecha de la quebrada de Barrios muestran diatomitas impuras y son referencias clásicas de la literatura geológica (Beder 1928, Sgross 1943, Turner 1964a). Existen varios asomos semejantes al sur del cerro Tafna y en el borde oriental de la laguna de Pozuelos. Se conocen dos depósitos ubicados unos kilómetros al oeste de Huacalera y algunas manifestaciones menores en el cerro Blanco, al sur del cordón de los Siete Hermanos.

21.3. Turberas

Las comarcas elevadas de Jujuy y Salta, tanto en la Puna como en la Cordillera Oriental, suelen preservar depó-

sitos de turbas que testimonian las condiciones climáticas favorables, frías y húmedas, durante el transcurso del Cuaternario. Las yacencias se pueden agrupar en dos tipos: turberas de salar y turberas de montaña, estas últimas tienen buen drenaje y comparativamente son ricas en carbono orgánico con baja cantidad de sales solubles. Las turberas de montaña cumplen una importante función como reguladores hidrológicos naturales en las nacientes de las redes fluviales durante el ciclo estacional (Igarzábal 1984a). Las turberas del cerro Acay, ubicadas en el abra sudoccidental y en las cabeceras del río Calchaquí, son las yacencias conocidas más destacadas. Están cubiertas por las concesiones Marcelo Daniel, Emilia y Asunción, cuyos mantos tienen una superficie promedio de 2 ha con 3 m de espesor. El peso específico relativo de la turba oscila entre 0,32 a 1,96 y el contenido de materia orgánica entre 35 y 67%. El pH varía de 3 a 6,4, el contenido salino soluble entre 292 y 3645 mg/l y la humedad higroscópica desde 5,15 a 14,03% (Igarzábal 1981). Las turberas de la quebrada de Rupasca, en el departamento Los Andes, Salta, cubren extensiones de hasta 11 ha con importantes espesores, buen drenaje y baja salinidad. En la provincia de Jujuy, los depósitos de turba más destacados son los de Milluyoc, en las proximidades de Iturbe. De inferior calidad son las turberas sitas sobre el granito de la Formación Oire en Susques; aquellas ubicadas en la vertiente oeste del volcán Tuzgle y las que se encuentran en las quebradas del faldeo norte del volcán Coyahuaima.

La extracción de turba en la región es modesta y atiende un consumo local poco diversificado. El habitante del altiplano suele cortar en panes la turba pobre, con abundante material detrítico y peso específico elevado, para la construcción de muros y cobertizos. Su empleo en calidad de combustible no es frecuente. El uso más extendido la incluye como mejorador vegetal en cultivos de alto valor unitario. Las turberas de salar, así llamadas por su ocu-

rrencia en las zonas bajas de la Puna, al borde de lagunas y salares, son de inferior calidad por su alto contenido en sales minerales solubles, en general cloruros y sulfatos de sodio. Suelen contener intercalaciones ferruginosas, presentan un peso específico relativo más elevado y Ph alcalino (Igarzábal comunicación personal). Se conocen turberas en las depresiones pertenecientes a las lagunas de Vilama, Pozuelos, Guayatayoc y Salinas Grandes en Jujuy, y en el salar de Pastos Grandes en Salta. En áreas aún más bajas de la Cordillera Oriental también existen turberas de pobre calidad y desarrollo incipiente. Se conocen mantos de 3 metros de espesor en discordancia sobre areniscas y conglomerados grises de la Formación Río Guanaco (Gebhard et al. 1974) en el arroyo San Alejo, departamento de la Caldera, y en la quebrada Agua Chuya, Rosario de Lerma, Salta (Iñiguez 1976).

22. Evaporitas recientes y Salmueras

La evolución tectónica, climática y geomorfológica de la Puna argentina a partir de la fase diatrófica Diaguitica es, a grandes rasgos, análoga a la acaecida en el altiplano de Chile, Perú y Bolivia. Las numerosas cuencas deposicionales formadas, de carácter intermontano y drenaje interno, muestran en superficie ambientes salinos típicamente continentales: salares o menos frecuentemente lagos y lagunas saladas con sus salinas estacionales. El clima seco de altura, con su intensa heliofanía y menudado registro pluviométrico, favorece elevados índices de evaporación en las extensas superficies planas, por lo general carentes del efecto moderador de una cubierta vegetal mínima. Consecuentemente, la concentración y circulación de salmueras y la precipitación de evaporitas son los fenómenos dominantes en las llamadas playas del salar.

Las fuentes haloquímicas de los salares actuales son de naturaleza mixta con participación indistinta de la actividad volcanogénica terminal y de los agentes exógenos, que reciclan sales por lixiviación y redepósito a partir de las anti-

guas unidades sedimentarias. Si bien existen al presente fuentes termales y géiseres funcionales, que aportan soluciones mineralizadas a los salares, esta actividad ha sido mucho más enérgica en etapas anteriores de la historia volcánica andina (Catalano 1930, Muessig 1966, Ericksen y Stoertz 1974, Alonso y Viramonte 1985a). Las modificaciones del clima durante el Holoceno han acentuado progresivamente las condiciones de aridez al facilitar, con el descenso del nivel freático, procesos degradantes en las costras salinas. Los fenómenos de crío y haloclastismo son considerables y participan de la asimilación y desintegración del material detrítico que se incorpora periféricamente a los salares (Igarzábal 1984b). En el Cuaternario reciente, una neotectónica aún activa acompaña la erosión y degradación de algunos salares con la inclinación de las superficies deposicionales primitivas. Existen evidencias que sugieren una migración selectiva de sales a lo largo de las nuevas pendientes de la costra salina (Peralta 1980).

En el metalotecto se consideran varios subtipos conforme a las especies minerales dominantes en las explotaciones comerciales o en los prospectos conocidos. Las salmueras constituyen un importante recurso potencial que tiene asegurado un futuro económico promisorio con los avances tecnológicos y los requerimientos crecientes de materias primas.

22.1 Carbonatos

Los depósitos evaporíticos de carbonato de sodio son muy escasos en la Puna salto-jujeña. Casi todas las yacencias conocidas son subeconómicas o bien configuran indicios de interés mineralógico por la presencia de natrita, trona y pirssonita en pequeñas cantidades. Manifestaciones de estas características se han observado en los bordes de los salares de Arizaro, Pastos Grandes y Pozuelos, en la vega El Tolar en Salta y en el cerro Escaya en Jujuy. La única mina registrada, Santa María, no es explotada en la actualidad y se encuentra en el paraje cerro Rincón, departamento Los

Andes, Salta (Picchetti 1980). Se han cubicado unas 2.700 t de mineral probable y 9.700 t de mineral posible, con leyes medias de 20,23% CO_3HNa y 10,24% CO_3Na_2 , en sólo la tercera parte de la superficie económica potencial ocupada por la laguna Santa María (Reverberi 1960).

22.2 Sulfatos

Entre los sulfatos que integran las evaporitas recientes de los salares se destacan thenardita y mirabilita, los cuales se explotan bajo la designación comercial de sulfato de sodio. El yeso existente no se extrae pues, en general, carece de pureza y precio que asegure su rentabilidad frente a los costos del transporte. Glauberita es un sulfato que se encuentra en cantidades muy limitadas pero está muy distribuido en las secciones evaporíticas de varios salares.

El distrito minero de sulfato de sodio más conocido reúne medio centenar de minas registradas y se ubica en el salar de Río Grande, departamento Los Andes, Salta. El área mineralizada ocupa una franja central del salar, de unos 7 km de elongación meridiana, en un manto con 0,50 a 1,20 metros de espesor. Una cubierta detrítica variable, entre 0,20 a 0,30 metros de potencia promedio, se incrementa notablemente en las zonas marginales. Angelelli y Ezcurra (1962) citan reservas del orden de las 41×10^6 t en un manto que cubre 18.000 hectáreas. Las minas Cristina y Pacífica han continuado las ventas de mineral en los últimos años, luego del cierre del Establecimiento Azufrero Salta en La Casualidad.

En vega de Arizaro, la mina San Martín tiene una cubicación estimada en 30.000 t con bancos mineralizados de 0,20 a 1 metros de potencia. Otras yacencias de sulfato de sodio se han reconocido en la laguna de Socompa con 600.000 t de reservas estimadas (Cuomo 1960), en el paraje Aguas Amargas y en la mina María Auxiliadora del salar de Pocitos y en el sector sur del salar de Arizaro, todas en la provincia de Salta. En Jujuy existen depósitos ubicados en el

salar de Cauchari, laguna de Jama y Salinas Grandes.

22.3. Boratos

Este apartado representa el valor económico más destacado del metalotecto y uno de los mayores volúmenes de sales comercializadas. Los cuerpos mineralizados tienden a formar mantos de espesor variable y geometría irregular por debajo de las capas superficiales en las costras salinas de algunos salares. El mineral básico de mena es ulexita y menos frecuentemente bórax. Al presente y en las playas de salar ocurre la cristalización de ulexita de modo masivo y estratificado (barras) o en nódulos pseudogenéticos (papas) dentro del sedimento detrítico. Es un fenómeno común descrito por varios autores (Sgrosso 1943, Ahlfeld 1948, Aristarain y Hurlbut 1972). En Jujuy se destacan las borateras de Coyahuaima, Olaroz, Guayatayoc y Cauchari. En la boratera de Coyahuaima, Reverberi (1968a) cubió 3.700 t de mineral con leyes entre 30,7 y 41,3% B_2O_3 . Las explotaciones de salar de Olaroz se han incrementado notablemente en los últimos años y para el sector de Turi Lari se han estimado 11.089 t de bórax con 29,8% B_2O_3 y 4.239 t de ulexita con 20% B_2O_3 (Reverberi 1968b). En la laguna de Guayatayoc se han cubiado $1,5 \times 10^6$ t de ulexita húmeda o bien, 622.000 t de ulexita seca con 30 a 35% B_2O_3 (Reverberi 1968c, Sandruss 1978, de los Hoyos 1978). Cristales de bórax completamente euhedros que alcanzan hasta 10 cm de longitud, se desarrollan en suspensiones de lodo de lagunas salinas en Cauchari, Lagunas Blancas, Turi Lari, Jujuy (Ahlfeld 1948, Angelilli et al. 1983). La precipitación química de los boratos en los salares tiene lugar a partir de las salmueras enriquecidas con soluciones boratíferas de filiación volcanogénica (Barnabé 1915, Catalano 1927). Las fuentes termales alumbran a lo largo de las fallas que limitan las cuencas evaporíticas, por lo cual a menudo quedan ocultas bajo los acarreos detríticos y depósitos de faldeo (Alonso y Gutiérrez 1984). En otros casos, los centros emisores yacen en altura ocupando quebra-

das y laderas del sustrato de los complejos volcánicos y si bien están relacionados con su actividad póstuma, rara vez yacen en los aparatos volcánicos mismos. Por lo general, se implantan en fracturas que afectan un zócalo de rocas premesozoicas (Alonso y Viramonte 1985a).

En la provincia de Salta se destacan los salares boratíferos de Diablillos, Hombre Muerto, Ratones, Centenario, Pozuelos y Rincón, con 30×10^6 t de mineral combinado en calidad de recursos estimativos. Se incluyen los cuerpos salinos de Los Negros, Aguas Amargas y las terrazas pleistocénicas del salar de Pastos Grandes, con ulexita e inyoita (Alonso et al. 1984). Existen manifestaciones menores de ulexita en los salares de Lullai-laco y Pocitos. Sólo en cuatro minas de ulexita --Pampa Ciénaga, Purnamarca, María Teresa y Margarita-- en Centenario y Pozuelos, se han cubiado reservas de 324.000 t con 32% B_2O_5 (Argañaz 1979). La producción anual salteña, excluido el volumen procedente de los yacimientos fósiles terciarios, triplica las extracciones realizadas en Jujuy. La mayor parte de la producción jujeña, que oscila en las 5000 t anuales, procede del salar de Cauchari, donde se registra más de un centenar de pertenencias mineras. También se han extraído boratos de Olaroz, Salinas Grandes, Guayatayoc, Coyahuaima y Laguna de Jama. Se conocen depósitos de bórax en laguna de Vilama. En Salinas Grandes, por debajo de la costra salina anual, se han cubiado 120.000 t de ulexita, aún sin extraer. Al presente, los recursos potenciales de ulexita de la Puna argentina son los mayores del mundo.

22.4. Cloruros

La precipitación evaporítica en la superficie de los salares de la Puna proporciona una fuente cuantiosa de sal. Aún cuando existen otros proveedores mejor ubicados en función de los centros de consumo, Salta y Jujuy introducen entre 40.000 a 50.000 t anuales de halita en el mercado nacional. Comparativamente en relación a los depósitos interes-

tratificados terciarios de sal gema, la extracción minera a partir de las evaporitas recientes en las playas de salar obtiene mayores facilidades en el acceso, minado y pureza del producto, con la cosecha estacional de sal, en forma directa o mediante el empleo de piletas de precipitación.

La producción de Jujuy es de 10.000 a 20.000 t anuales y radica casi exclusivamente en Salinas Grandes. Salta beneficia el sector Cangrejillos de Salinas Grandes y numerosas salinas ubicadas en los salares de Taca Taca, Pastos Grandes, del Rincón y Pozuelos.

22.5. Salmueras

El interés por la explotación comercial de salmueras registra un notable incremento en los últimos años, especialmente para la obtención de elementos metálicos ligeros (K, Li, B, Mg, Ca, Na, Cs, Rb, entre otros). Las aguas pertenecientes a los sistemas hidrogeológicos de la Puna generan con facilidad salmueras, es decir disoluciones acuosas de iones y coloides en concentraciones superiores a 35 g/litro. La calidad y cantidad de los solutos recuperables en las salmueras del altiplano andino sudamericano han motivado investigaciones específicas en Chile (Vila 1974, Ericksen et al. 1976, Chong Díaz 1984), Bolivia (Ericksen et al. 1977, Davis et al. 1978) y Argentina (Poppi et al. 1977, Poppi 1978, Amengual 1979, Nicolli et al. 1980 y 1982).

Un estudio preliminar sobre los catorce salares mayores de la Puna argentina ha revelado la presencia de concentraciones importantes de K, Li, Mg y B en sus salmueras (Nicolli et al. 1980, Nicolli 1981). La investigación detallada de las salmueras pertenecientes a la cuenca del salar del Hombre Muerto, el más promisorio en la comparación preliminar, indica que ellas son del tipo clorurado sódico, saturadas, con 330 a 335 g/l de sólidos totales disueltos. Los contenidos medios muestran K^+ : 7-8 g/l; Li^+ : 0,7-0,8 g/l; Mg^{++} : 0,5-0,9 g/l; Ca^{++} : 0,9-1,2 g/l; $B_4O_7^{-2}$: 1,3-1,7 g/l; Rb y Cs: 110-160 ppm sobre residuo seco. Las

correlaciones entre contenidos de Li/K y Cs/Rb son muy significativas y los valores absolutos del Li superan en 2,5 veces los contenidos de salmueras explotadas comercialmente en los Estados Unidos de América desde hace 20 años para la obtención de este elemento. Las investigaciones actuales se orientan a determinar la capacidad productiva del acuífero del salar y el diseño óptimo de las plantas de recuperación de las sales a partir de las salmueras (Nicolli et al. 1982).

23. Placeres

Los factores condicionantes de la acumulación mecánica de resistatos no han tenido una incidencia considerable durante la tercera época metalogénica en el noroeste argentino. Por una parte, las preconcentraciones primarias de minerales resistentes son muy limitadas y prácticamente inexistentes las ocurrencias de extensas anomalías de minerales no lábiles. Por otro lado, las condiciones paleoclimáticas de aridez dominante en la Puna a partir de la fase diastrófica Incaica, si se exceptúa un lapso frío y húmedo durante el Pleistoceno, no fueron las más favorables. Los placeres conocidos reflejan esas limitaciones en la participación de los distintos tipos de concentrados: eluviales, coluviales y aluviales; estos últimos sólo con un cierto desarrollo en el Pleistoceno. En cambio, los depósitos coluviales predominan en la Puna salto-jujeña debido al clima riguroso y a la neotectónica de subsidencia de bloques. Ello ha dado origen a placeres de tipo torrencial o de bajada, de mala selección granulométrica, pobre separación gravimétrica de menas, escaso volumen y sobrecubiertas potentes, todos factores que le confieren a estas manifestaciones un modesto significado económico.

En función de la mena se ha subdividido el metalotecto en tres subtipos, que ocurren en estrecha asociación espacial con mineralizaciones primarias pertenecientes a distintas épocas metalogénicas o incluyen presentaciones de oro, estaño, bismuto y niobio-tantalio.

23.1. Bismuto-Tantalíferos

Los placeres bismuto-tantalíferos están asociados a la mineralización primaria contenida en las pegmatitas del distrito El Quemado descripto como metalotecto 2. La escarpada topografía del área que ocupan aparentemente no ha favorecido el desarrollo de concentraciones mayores; las existentes, se limitan a prospectos o manifestaciones pequeñas reducidas a la inmediata cercanía de las vetas. El depósito más importante corresponde a mina Tres Tetas y fue también el más trabajado. Se trata de un placer aluvional extendido unos 300 metros a lo largo de la quebrada que corta los filones pegmatíticos, sobre un basamento constituido por metamorfitas y trondhjemitas. La mineralogía económicamente relevante consiste en rodados de columbita de hasta 2-3 cm, de bismuto y bismutinita generalmente alterados. Además, en la quebrada El Quemado cerca de Santa Elena hay indicios de tantalita en pequeños aluviones inmaduros, mientras que en El Peñón existe un aluvión de poco desarrollo que contiene tantalita y bismutinita. Se estima que una proporción significativa de la producción obtenida durante la breve actividad del distrito, corresponde a la explotación de las concentraciones secundarias descriptas. Una reciente evaluación preliminar de ellas (Castillo et al. 1985) indica que están parcialmente agotadas y no respalda expectativas alentadoras.

Se incluye también en este apartado el depósito Curuto reseñado por Angelelli (1950), consistente en un placer de bismuto que abarca un área de 300 x 500 metros en las cabeceras de dos quebradas del cerro homónimo situado en el límite argentino-chileno. El llampo de esta manifestación contiene 4 kg/m³ de bismuto y posiblemente wolframita derivados de vetas emplazadas en vulcanitas ácidas.

23.2. Estanníferos

Las concentraciones aluvionales de estaño están reducidas al ángulo noroeste de la provincia de Jujuy y asociadas a las manifestaciones australes de la pro-

vincia estannífera boliviana. De la mineralización xenotermal vetiforme perteneciente a mina Pirquitas deriva el depósito más importante. Se extiende entre la quebrada de Pircas y el cerro Galán con una longitud aproximada de 30 km y abarca unas 800 hectáreas de los lechos fluviales de los ríos Pircas, Laymes y Orósmayo. El yacimiento comprende aluviones recientes y terrazas del Pleistoceno dispuestas en discordancia sobre un sustrato de areniscas terciarias (Sgrosso 1935, 1939). El llampo, bajo una cubierta psefítica consolidada generalmente inferior a 5 metros, alcanza espesores variables entre pocos centímetros y un metro. Su contenido varía entre 15-20 kg/m³ de rodados de casiterita microcristalina con leyes de 60% Sn, 4-5% Fe y 180 g/t Ag en las zonas más ricas, y 1-3 kg/m³ en la zona más alejada de Ajedrez. Incluye también tenores de 1 g/t Au procedentes de las vetas cuarzosas que encajan en sedimentitas ordovícicas descriptas en el metalotecto 4.3. La explotación, iniciada en 1933, produjo más de 15.000t de concentrados en los primeros 15 años de actividad.

Al oeste del cerro Granadas, las quebradas que drenan el complejo volcánico formado por los cerros Solterío, Caucani y Colorado, contienen manifestaciones de casiterita arriñonada aluvional, posiblemente derivadas de venillas dispersas en las extensas coladas volcánicas que lo constituyen. La única concentración de relativo interés se encuentra en la quebrada de Cerro Negro, donde en forma precaria se explotó un aluvión de modestas dimensiones (Ahlfeld 1948). Pequeños eluviones o aluviones de casiterita que carecen de relevancia económica, se conocen como procedentes de las manifestaciones fumarólicas del cerro Pululus y de aquellas similares que asoman más al sur en los cerros Pairiquí, San Pedro y Zapaleri (Sgrosso 1943).

23.3. Auríferos

Las manifestaciones aluvionales de oro de la región están puntualmente difundidas en gran parte de la superficie abarcada por la Puna, con tendencia a concen-

trarse en su mitad septentrional. Las referencias más lejanas (De Moussy 1860, Brackebusch 1883, Stelzner 1885, Novarese 1893, Bodenbender 1902, Barnabé 1915), consignan algunas de las ocurrencias y aportan datos sobre la actividad extractiva, generalmente realizada en forma artesanal y precaria, continuadora de antiguos trabajos que se remontan a tiempos precoloniales durante la dominación incaica, o a los posteriores ejecutados en las reducciones jesuíticas. Los trabajos más recientes describen mejor algunos depósitos o sintetizan la información precedente (Kittl 1931, Stegmann 1942, Sgrosso 1943, Ahlfeld 1948).

La mayoría de los placeres conocidos se han formado a partir de depósitos vetiformes contenidos en sedimentitas ordovícicas de la Formación Acoite, adjudicados en este trabajo a removilizaciones diagenéticas de preconcentraciones exhalativas vinculadas al vulcanismo concomitante (4.3). Unos pocos proceden de la disgregación de los filones subvolcánicos de oro y antimonio (17.2) generados en el Terciario. Las principales concentraciones están ubicadas en la provincia de Jujuy en los alrededores de Santa Catalina y Rinconada, distribuidas en una faja submeridiana de afloramientos ordovícicos que es disecada por los ríos San Juan de Oro, de las Granadas, Orosmayo, Ajedrez, Cíncel y numerosos tributarios estacionales menores. Prácticamente todos los cursos presentan en algún tramo indicios de oro aluvial, ya sea reciente o en placeres fósiles contenidos en terrazas o conos pleistocénicos; menos comunes son las concentraciones terciarias como las de mina Eureka, descriptas en otro apartado (14). Se conocen los depósitos El Torno, La Perdida, Azules, Ajedrez, San Francisco, Guadalupe, Oratorio, Santo Domingo, El Cóndor y Patapampa entre otros, algunos simples eluviones inmediatos a vetas primarias y otros, placeres de bajada producto de la selección mixta gravitativa e hídrica. Las leyes atribuidas varían considerablemente según los autores: por ejemplo Sgrosso (1943) consigna

para El Cóndor 2 g/t en el aventadero, 15-18 g/m³ en las partes enriquecidas del llampo inferior y 5-8 g/m³ en su mayor parte, mientras que informes recientes (Daroca 1978) asignan 0,2-0,5 g/m³ al llampo intermedio y bajo tenor de oro al aventadero.

El mineral se presenta como oro libre en granos, pepitas y pajuelas, por lo general pequeñas, ocasionalmente mayores de 50 g, con una fineza de 940-970 milésimas según distintos autores. Se conocen manifestaciones menores de oro aluvial en los cerros Tucunqui, Ramadas, Panizos, Cuevas, Pululus, Granada, Rosario de Coyahuaima, Toro, Olaroz Chico en Jujuy y en Cauchari, Catua, Abra del Gallo, San Antonio de los Cobres y Saladillo, en Salta.

Los registros de producción aurífera son imprecisos y escasos. Angelelli (1950) consigna 150 kg para el lapso 1918-1931 en la mina El Cóndor, mientras que Ahlfeld (1948) estima en 20-25 kg anuales el oro producido en Rinconada y en 8-15 kg el producido en Santa Catalina, con un total de 60-80 kg para la provincia de Jujuy. La actividad al presente está reducida a la explotación rústica manual que los lugareños practican estacionalmente luego de la temporada de lluvias.

APENDICE

Índice de localidades (Figuras 1, 2 y 3)

1. Volcán
2. Las Tienditas
3. El Quemado
4. Inca
5. Titiorco
6. María Cristina
7. Edith Luisa
8. Sierra de Aguilar
9. San Marcial, La Perla
10. Bélgica, General Lehman
11. Pumahuasi, Sol de Mayo
12. Poscaya
13. Mono Abra
14. Viscachani, La Ciénaga
15. Viscachani Norte
16. Santa Rosa
17. Azules

18. Oratorio
 19. Timón Cruz
 20. El Cóndor
 21. La Argentina
 22. Rinconada
 23. Incahuasi
 24. La Esperada
 25. Tacuñil
 26. Río Irúya
 27. Zapla
 28. Santa Bárbara
 29. Puesto Viejo
 30. Unchimé
 31. Tarón (Centenario)
 32. Berilo I, II, IV (Luracatao)
 33. El Toldo (Cerro Blanco)
 34. Aguada de la Piedra
 35. Los Alisos
 36. Rangel
 37. Tusaquillas
 38. La Niquelina
 39. El Quirusillal
 40. La Esperanza
 41. Romicruz
 42. Custodio, San Martín
 43. 1° de Mayo
 44. María Elena
 45. Martín Bronce
 46. Don Otto
 47. Pedro Nicolás
 48. Los Berthos
 49. Martín Miguel de Güemes
 50. Providencia
 51. Rosario de la Frontera
 52. Elba, León, María
 53. El Chorro, El Salto
 54. Punilla
 55. Santa Bárbara
 56. Paranilla
 57. El Morenito
 58. Cañizares
 59. Los Colorados, Aguas Amargas
 60. Cortaderas
 61. Inés, Margarita
 62. Eureka
 63. El Acay, El Milagro
 64. Inca Viejo
 65. Taca Taca
 66. Vizcacheral
 67. El Oculto
 68. Santa Inés
 69. Chinchillas
 70. Pan de Azúcar
 71. Vince, Armonía
 72. La Esperanza
 73. La Concordia
 74. Saturno, Encrucijada
 75. Pabellón
 76. Incachule
 77. Pirquitas
 78. Panizos, Alcoak, Salle
 79. Quirón
 80. Rupaska
 81. Ramadas
 82. Vega de Arizaro
 83. Los Patos
 84. Socompa
 85. Aguiliri
 86. Pastos Grandes, Sijes
 87. Antofalla
 88. Tincalayu
 89. Tolar Grande
 90. Loma Blanca
 91. Catua
 92. Arita, Brach
 93. Tocomar, Olacapato
 94. El Sauce
 95. Puesto Viejo
 96. Tafna

97. Ochaquí, Remate
 98. La Providencia
 99. Agua del Desierto
 100. Pululus
 101. Julia
 102. Silla, Sursilla, Petrona
 102. La Betty
 104. Zapaleri
 105. La Quinta
 106. La Lucha
 107. Julia
 108. Morro Blanco, Conaflot
 109. Laguna Socompa
 110. Barrios
 111. Marcelo Daniel, Asunción
 112. Rupaska
 113. Milluyoc
 114. Vilama
 115. Pozuelos
 116. Santa María
 117. Río Grande
 118. Cauchari
 119. Olaroz
 120. Salinas Grandes
 121. Diablillos
 122. Hombre Muerto
 123. Ratones
 124. Centenario
 125. Rincón
 126. Lullaillaco
 127. Taca Taca
 128. Pastos Grandes
 129. Pocitos
 130. El Quemado
 131. Pircas, Galán
 132. Oros mayo
 133. Rinconada
 134. Santa Catalina
 135. Olaroz Chico
 136. Toro
 137. Rosario de Cuyahuaima
 138. Río Horcones

BIBLIOGRAFIA

- Aceñolaza, F.G., H. Miller y A.J. Toselli, 1980. Die Geologie der Sierra de Ancastí (Provinz Catamarca, Argentinien) Ein Überblick. Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie, 51: 127-149. Münster.
- Aceñolaza, F.G. y A.J. Toselli, 1981. Geología del noroeste argentino. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales, Publicación especial, 1283: 1-212. Tucumán.
- Ahlfeld, F., 1948. Estudio geológico de yacimientos minerales de la provincia de Jujuy. Yacimientos minerales de Jujuy. Universidad Nacional de Tucumán, Instituto de Geología y Minería, Publicación, 455. Jujuy.
- Ahlfeld, F., 1952. Die süd-bolivianische Antimonprovinz. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen, 83 (2-3): 313-346. Stuttgart.
- Ahlfeld, F., 1967. Metallogenic epochs and provinces of Bolivia. The tin province (part I). The metallogenic provinces of the Altiplano (part II). Mineralium Deposita (2): 219-311. Berlín.

- Ahlfeld, F. y A. Schneider Scherbina, 1964. Los yacimientos minerales y de hidrocarburos de Bolivia. Departamento Nacional de Geología, Boletín especial, 5, 388 p. La Paz.
- Alonso, R.N., Malanca de Lisi, H.S. y R.J. Sureda 1982. Consideraciones sobre el Ordovícico en la sierra de Aguilar, Jujuy, Argentina. Instituto De Ciencias Geológicas, Revista, 5: 15-37. Jujuy.
- Alonso, R.N. y R. Gutierrez, (en prensa) Litoestratigrafía del Neógeno terminal Puna Sudoriental argentina. Universidad Nacional de Jujuy. Instituto de Ciencias Geológicas, Revista. Jujuy.
- Alonso, R.N., R. Gutierrez y J.G. Viramonte, 1984. Megacuerpos salinos cenozoicos en la Puna Argentina. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas I: 25-42. Buenos Aires.
- Alonso, R.N. y J.G. Viramonte, 1985a. Geiseros boratíferos de la Puna argentina. Cuarto Congreso Geológico Chileno, Actas II(3): 45-63. Antofagasta.
- Alonso, R.N., J.G. Viramonte y R. Gutierrez (en prensa). Consideraciones sobre la evolución geológica y los recursos minerales de la Puna argentina. Simposio Internacional de Tectónica Centro Andina y relaciones con Recursos Naturales (1984). La Paz.
- Allmendinger, R.W., T.E. Jordan, M. Palma, R. Ramos y V.A. Ramos, 1982. Perfil estructural de la Puna catamarqueña (25-27°S). Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Actas I: 499-518. Buenos Aires.
- Amstutz, G.C., 1959. Syngenese und Epigenese in Petrographie and Lagerstättenkunde. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 39: 5-84. Berna.
- Amstutz, G.C., 1978. Zu einer Metallogenie der zentralen Anden von Peru. Münstercher für Forschungen zur Geologie und Paläontologie, 44/45: 151-178. Münster.
- Angelelli, V., 1946. La geología y génesis del yacimiento ferrífero de Zapla, Mina 9 de Octubre, departamento Capital, Provincia de Jujuy. Asociación Geológica Argentina, Revista, 1(2): 17-148. Buenos Aires.
- Angelelli, V., 1950. Recursos minerales de la República Argentina. Instituto Nacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales. Museo Bernardino Rivadavia, Revista Ciencias Geológicas, 2, 259 p. Buenos Aires.
- Angelelli, V., 1971. Geología de los yacimientos metalíferos de la República Argentina. Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires, 1: 1-392; 2: 393-704. La Plata.
- Angelelli, V., A. Aristarain, A. Herrera y E. Fernández Lima, 1970. Descripción del Mapa Metalogenético de la República Argentina. Dirección Nacional de Geología y Minería, Anales, 15, 172 p. Buenos Aires.
- Angelelli, V., M.K. de Brodtkorb, C. Gordillo y H.D. Gay, 1983. Las especies minerales de la República Argentina. Servicio Minero Nacional, 528 p. Buenos Aires.
- Angelelli, V. y T. Ezcurra, 1962. Evaluación de los Recursos Naturales de la Argentina. Consejo Federal de Inversiones. Recursos Minerales, VI, 297 p. Buenos Aires.
- Angelelli, V. y J.C. Fernández Lima, 1972. Ciclos metalogenéticos de la Argentina in J.C.M. Turner (Coordinador) Geología Regional Argentina, Segundo Simposio. Academia Nacional de Ciencias, II: 1603-1640. Córdoba.
- Aparicio, A., 1981. Uranio en rocas volcánicas de la Formación Los Frailes, Bolivia. Organización Internacional de Energía Atómica, 162(26): 485-520. Viena.
- Aquater, 1979. Estudio del potencial geotérmico de la provincia de Jujuy, Estudio de reconocimiento. Inédito. Salta.
- Aquater, 1980-1981. Exploración geotérmica en el área del cerro Tuzgle, provincia de Jujuy, República Argentina. Estudio de Prefactibilidad. Inédito. Salta.
- Argañaraz, P., 1976. Informe sobre algunas canteras de mármol ónix del departamento Los Andes, provincia de Salta. Dirección Provincial de Minería. Inédito. Salta.
- Argañaraz, P., 1982. Informe área de la mina Mono Abra. Dirección Provincial de Minería. Inédito. Salta.
- Argañaraz, R.A., 1977. Azufre. Informe técnico. Inédito. Salta.
- Argañaraz, R.A., 1979. Boratos, Informe técnico. Inédito. Salta.
- Argañaraz, R.A., J.E. Mancini y R.J. Sureda, 1982. El yacimiento La Concordia (Ag-Pb) en la provincia de Salta, Argentina: Un proyecto privado de rehabilitación y explotación minera. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Actas V: 61-78. Buenos Aires.
- Argañaraz, R.A. y R.J. Sureda, 1975. Mineralización de cobre en sedimentos continentales rojos de la Puna argentina. Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas V: 149-156. Buenos Aires.
- Argañaraz, R.A. y R.J. Sureda, 1979. El yacimiento plumbífero La Esperanza, departamento La Poma, provincia de Salta, República Argentina. Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, Revista, 10(3-4): 1-11. Buenos Aires.
- Argañaraz, R.A., J.G. Viramonte y L. Zalazar, 1973. Sobre el hallazgo de serpentinitas en la Puna argentina. Quinto Congreso Geológico Argentino, Actas I: 23-32. Buenos Aires.
- Arias, J.E., 1983. La geotermia en el noroeste argentino. Jornadas sobre

- Energías no Convencionales. Universidad Nacional de Salta, 23 p. Salta.
- Arias, J.E., E. Chalabe, C. Moreno Espelta y A. Chavez, 1980. Geología del área termal de Cachipuncu, departamento de Santa Bárbara, provincia de Jujuy. Asociación Geológica Argentina, Revista, 35(4): 557-569. Buenos Aires.
- Arias, J.E., A. Chávez, C. Moreno Espelta y E. Chalabe (en prensa). Geología del área termal de la sierra de Puesto Viejo, departamento El Carmen, provincia de Jujuy, República Argentina. Instituto de Ciencias Geológicas, Boletín (1984). Jujuy.
- Aristarain, L.F. y R. C. Erd, 1971. Inyoita de la Puna argentina. Sociedad Científica Argentina, Anales, 191. Buenos Aires.
- Aristarain, L.F. y C.S. Hurlbut, 1967. Ameghinite $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ a new borate from Argentina. American Mineralogical, 52(7-8): 935-945. Washington.
- Aristarain, L.F. y C.S. Hurlbut, 1968. Teruggite, $4\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 6\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{As}_2\text{O}_5 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, a new mineral from Jujuy, Argentina. American Mineralogist, 53: 1815-1827. Washington.
- Aristarain, L.F. y C.S. Hurlbut, 1972. Boron minerals and deposits. Mineralogical Record, 3(4): 165-172; 3(5): 213-220. Maryland.
- Aristarain, L.F., M.B. Nicolli y R. C. Erd, (en prensa). Probertita, $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ de la mina Tincalayu, provincia de Salta. Museo La Plata, Revista (1978). La Plata.
- Aristarain, L.F., J. Rusansky y M. Walker, 1977. Ulexita de Sijes, provincia de Salta (Argentina) y características generales de la especie. Museo La Plata. Obra del Centenario. Geología, 4: 23-48. La Plata.
- Arribas, A. y E. Figueroa, 1984. Geología y metalogenia de las mineralizaciones uraníferas de Macusani, Puno (Perú). Yacimientos uraníferos en rocas volcánicas. International Atomic Agency, Tc-490/14. El Paso.
- Arroyo, L.D., 1979. Geología minera de Pirquitas, departamento Rinconada, provincia de Jujuy. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales, Seminario Geología. Inédito. Tucumán.
- Avila, J.C., R. Chomnales y S.E. Ferullo, 1984. Geología y metalogénesis del yacimiento cuprífero estratoligado Bronce Martín, departamento Santa Bárbara, provincia de Jujuy. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas V: 538-552. Buenos Aires.
- Baldis, B., 1981. Control megaestructural de los distritos metalíferos en el noroeste de Argentina. Simposio Metalogénesis en Latinoamérica. Unión Internacional de Ciencias Geológicas, Publicación, 5: 165-174. México.
- Baldis, B. y R. Omarini, 1984. El Grupo Lerma (Precámbrico-Cámbrico) en la comarca central salteña y su posición en el borde pacífico americano. Nove no Congreso Geológico Argentino, Actas I: 64-78. Buenos Aires.
- Ballivián, V.O., 1975. Verde Onix Sociedad Comandita por Acciones. Banade. Informe Inédito. Buenos Aires.
- Barnabé, J.F., 1915. Los yacimientos minerales de la Puna de Atacama, República Argentina. Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Anales, 10(5): 1-63. Buenos Aires.
- Beder, R., 1916. Wolframio. Los yacimientos de los minerales de wolframio en la República Argentina. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Boletín, Serie B, Geología, 12, 31 p. Buenos Aires.
- Beder, R., 1926. Las concreciones de mineral de manganeso en los estratos del Terciario subandino de Puerta Quemada, departamento Burruyacu, provincia de Tucumán. Dirección General de Minería, Geología e Hidrogeología, Publicación, 16. Buenos Aires.
- Beder, R., 1927. Los yacimientos minerales de la República Argentina relacionados con las rocas ígneas de las diferentes épocas geológicas. Universidad Nacional de Córdoba, Revista, 14: 3-28. Córdoba.
- Beder, R., 1928. Los yacimientos de mineral de plomo en el departamento de Yavi (Jujuy). Dirección de Minería, Geología e Hidrología, Publicación, 38. Buenos Aires.
- Beder, R., 1930. La minería de la sierra de Córdoba. Las minas de tungsteno, vanadio y bismuto. Riel y Fomento, 9. Buenos Aires.
- Bellmann, R.N., 1966. Mina Eureka. Universidad Nacional de Tucumán. Instituto de Geología y Minería. 37. Tucumán.
- Bellmann, R.N. y R. Chomnales, 1960. Estudio hidrogeológico del valle de Puesto Grande y sus posibilidades económicas. Acta Geológica Lilloana, 3: 59-84. Tucumán.
- Bermúdez, S.L., 1963. Exploración de mina Julia 4 en el cerro Estrella, cumbre austral del cordón de Cori, departamento Los Andes, provincia de Salta. Dirección General de Fabricaciones Militares. 50 p. Buenos Aires.
- Bilibin, I., 1955. Provinces métallogéniques et époques métallogéniques. Gosgeoltekhizdat, Moscú in Service d'Information Géologique. Traducción N° 1521. París.
- BIRA (Banco Industrial de la República Argentina), 1956. Grupo Quevar. Inédito. Buenos Aires.
- BIRA (Banco Industrial de la República Argentina), 1960. Mina Ochaquí. Inédito. Buenos Aires.
- BIRA-BANADE (Banco Industrial de la República Argentina-Banco Nacional de Desarrollo), 1963. Mina Ana María. Inédito. Buenos Aires.
- BIRA-BANADE (Banco Industrial de la República Argentina-Banco Nacional de Desarrollo), 1965. Arcillas. Inédito. Buenos Aires.
- Bodenbender, G., 1902. Comunicaciones mineras y mineralógicas: VII. Criaderos auríferos de la Rinconada. Academia Nacional de Ciencias, Boletín, 17(3): 64-68. Córdoba.
- Bodenbender, G., 1905. La sierra de Córdoba, constitución geológica y productos minerales de aplicación.

- Ministerios de Agricultura, Anales, Sección Geología, Mineralogía y Minería, 1(2). Buenos Aires.
- Bodenbender, G., 1922. El nevado de Famatina. Ministerio de Agricultura, Anales, Sección Geología, Mineralogía y Minería, 16(1). Buenos Aires.
- Bonarelli, G., 1921. Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del norte (provincias de Salta y Jujuy). Ministerio de Agricultura, Anales, Sección Geología, Mineralogía y Minería, 15(1). Buenos Aires.
- Bossi, G.E. y R.M. Palma, 1982. Reconstrucción de la estratigrafía del valle de Santa María, provincia de Catamarca, Argentina. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Actas I: 155-172. Buenos Aires.
- Bossi, G.E. y J.G. Viramonte, 1975. Contribución al conocimiento de la petrología de los yacimientos ferríferos de Zapla y Unchimed, provincia de Jujuy y Salta, República Argentina. Segundo Congreso Ibero-Americano de Geología Económica, Actas V: 181-202. Buenos Aires.
- Brackebusch, L., 1883. Estudios sobre la Formación Petrolífera de Jujuy. Academia Nacional de Ciencias, Boletín, 5: 137-184. Córdoba.
- Brodtkorb, M. K. de, 1965. Estudio de la mineralización del yacimiento Esperanza, provincia de Salta. Segundas Jornadas Geológicas Argentinas, Actas I: 25-34 (in Acta Geológica Lilloana, VII). Tucumán.
- Brodtkorb, M.K. de, 1972. Hallazgo de pechblenda en la mina Romicruz, provincia de Jujuy. Quinto Congreso Geológico Argentino, Actas I: 63-68. Buenos Aires.
- Brodtkorb, M.K. de, 1973. Estudio de la mineralización del yacimiento La Niquelina, provincia de Salta y un análisis comparativo de sus posibles relaciones con los depósitos Romicruz y Esperanza. Asociación Geológica Argentina, Revista, 28(4): 364-368. Buenos Aires.
- Brodtkorb, M.K. de, S. Ametrano y J. Otteman, 1978. Contribución al conocimiento mineralógico del yacimiento El Quevar, provincia de Salta. Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, Revista, 9(3-4): 75-87. Buenos Aires.
- Brodtkorb, M.K. de, J.J. Lanfranco y R.J. Sureda, 1978. Asociaciones minerales y litología del yacimiento Aguilar, provincia de Jujuy. Asociación Geológica Argentina, Revista, 33(4): 277-298. Buenos Aires.
- Brodtkorb, M.K. de e I.B.A. Schalamuk, 1981. Yacimientos minerales en sedimentos jurásicos-cretácicos de Argentina in W. Wolkheimer y E.A. Musacchio (Editores) Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico. Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur, II: 685-699. Buenos Aires.
- Brown, J.S., 1962. Ore lead and isotopes. Economic Geology, 57(5): 673-720. Lancaster.
- Cassedanne, J.P., 1969. Les mineralisations plombo-zincíferes du Groupe Bambui. Academia Brasileira de Ciências, Anais 41: 549-563. Rio de Janeiro.
- Castañón, A., R. Pinedo y J.A. Salfity, 1975. Nuevas consideraciones sobre la Formación Yacoraite del Cretácico Superior del norte argentino. Cuarta Convención Nacional de Geología, Anales 1 (in Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, Revista Técnica, 4(3): 31-59. La Paz).
- Castillo, A., 1978. Geología y petrología de la zona Tacuil, Cerro Blanco, departamento Molinos, provincia de Salta. Universidad Nacional de Salta. Departamento de Ciencias Naturales, Seminario I. Inédito. Salta.
- Castillo, A., J. Guillou y A.M. Sato, 1985. Geología económica preliminar de las pegmatitas y aluviones de los distritos columbo-tantalíferos El Quemado y Aguas Calientes, departamento Cachi y La Poma. Dirección General de Minería. Inédito. Salta.
- Catalano, L.R., 1926. Geología económica de los yacimientos de boratos y materiales de las cuencas Salar de Cauchari-Puna de Atacama (Territorio Nacional de los Andes), República Argentina. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Publicación, 23, 110 p. Buenos Aires.
- Catalano, L.R., 1927. Geología química de los boratos, formación de las cuencas y características generales de la superficie de los salares. Puna de Atacama, Territorio Nacional de los Andes. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Publicación, 28, 101 p. Buenos Aires.
- Catalano, L.R., 1930. Reseña geológica preliminar de la Puna de Atacama, Territorio Nacional de los Andes. Revista Minera, 2(10): 289-305. Buenos Aires.
- Catalano, L.R., 1941. Estudio de geología económica de los yacimientos mineros argentinos, Mina Emilia, Pb, Ag, Au, Zn. Industria Minera 1(3): 70-74. Buenos Aires.
- Coira, B., 1973. Resultados preliminares sobre la petrología del ciclo eruptivo ordovícico concomitante con la sedimentación de la Formación Acoite, en la zona de Abra Pampa, provincia de Jujuy, República Argentina. Asociación Geológica Argentina, Revista, 28(1): 85-87. Buenos Aires.
- Coira, B., 1975. Ciclo efusivo ordovícico registrado en la Formación Acoite, Abra Pampa, provincia de Jujuy, Argentina. Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas I: 37-56. Buenos Aires.
- Coira, B., 1979. Descripción geológica de la Hoja 3c Abra Pampa, provincia de Jujuy. Servicio Geológico Nacional, Boletín, 170, 85 p. Buenos Aires.
- Coira, B., 1983. Magmatismo y mineralizaciones asociadas en Puna jujeña. Segundo Congreso Nacional de Geología Económica, Actas II: 405-424. San Juan.
- Coira, B.L., J. Davidson, C. Mpodozis y V. Ramos, 1982. Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina-Chile. Earth Science

- Reviews, 18: 303-3. 2. Amsterdam.
- Coira, B.L., E. Donari y M.K. de Brodt-korb, 1984. Brecha mineralizada (Sb, Ag, Sn) del complejo volcánico Panizos-Alcoak-Salles (Terciario superior), provincia de Jujuy, Argentina. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas VII: 418-429. Buenos Aires.
- Coira, B.L. y G. Paris, 1982. Estratigrafía del área del cerro Tuzgle ($23^{\circ}50'$ - $24^{\circ}25'$ latitud Sur y $66^{\circ}15'$ - $66^{\circ}45'$ longitud Oeste) provincias de Jujuy y Salta. Octavo Congreso Geológico Argentino, Actas II: 659-671. Buenos Aires.
- Coira, B.L. y N.C. Pezzutti, 1976. Vulcanismo cenozoico en el ámbito de la Puna catamarqueña. Asociación Geológica Argentina, Revista, 31(1): 33-52. Buenos Aires.
- Coira, B.L. y V.A. Ramos, 1980. Magmatism in northern Argentinian Andes. 26th Congrès Geologique International, Abstract I: 31. Paris.
- Cornejo Torino, R. y M.A. Raskovsky, 1981. Proyecto minero y explotación a cielo abierto del yacimiento Tincalayu. Segundas Jornadas Argentinas de Geología en Minas, Actas, 223-242. San Juan.
- Cortelezzi, C.R., 1975. Los yacimientos de manganeso en la República Argentina. Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas V: 215-236. Buenos Aires.
- Cortelezzi, C.R. y R. Argañaraz, 1981. Estudio de los minerales de tantalio-niobio del salar del Hombre Muerto, provincia de Catamarca. Octavo Congreso Geológico Argentino, Actas IV: 293-302. Buenos Aires.
- Cortelezzi, C.R. y R. Mon, 1981. Los nódulos de manganeso en el Cretácico-Terciario de la provincia de Tucumán. Octavo Congreso Geológico Argentino, Actas II: 731-738. Buenos Aires.
- Cosentino, J.M., 1974. Distrito minero de Pumahuasi-Cangrejillos, departamento Yavi, provincia de Jujuy. Minería, 12(136): 36-44. Buenos Aires.
- Cox, M.W., 1971. Regional map Inca Viejo prospect, escala 1:50.000. Surface geology Inca Viejo, escala 1:2.500. Inédito. Salta.
- Cuomo, J.R., 1949. Exploración mina Julia (segunda campaña), Industrias Químicas Nacionales S.M., departamento Los Andes, provincia de Salta. 42 p. Inédito. Salta.
- Chabert, M. y R. Centeno, 1975. Área de reserva N° 14 Vizcacheral o Pancho Arias, provincia de Salta. Informe Final. Dirección General de Fabricaciones Militares. Centro de Exploración Geológico Minero. Inédito. Salta.
- Chace, F.M., 1948. Tin silver veins of Oruro, Bolivia. Economic Geology, 43: 333-383; 435-470. Lancaster.
- Chiaradia, V.G., 1981. Informe técnico correspondiente a la manifestación nuclear Verde II, departamento Los Andes, provincia de Salta. Comisión Nacional de Energía Atómica. 5 p. Inédito. Salta.
- Chomnals, R., 1975. Manifestaciones de minerales de plomo y cobre en la quebrada Lacho, departamento Tilcara, provincia de Jujuy. Instituto de Geología y Minería, 1: 23-28. Jujuy.
- Chomnals, R., 1976. Contribución al conocimiento de manifestaciones de minerales de cobre en la provincia de Jujuy. Fundación Miguel Lillo, Miscelánea 57. Tucumán.
- Chomnals, R., 1978a. Estudio preliminar de minerales del horizonte ferrífero en la serranía de Santa Bárbara, provincia de Jujuy y una provincia metalogenética sedimentaria. Instituto de Ciencias Geológicas, Revista, 3: 39-96. Jujuy.
- Chomnals, R., 1978b. Informe preliminar sobre la existencia de minerales de Plomo (galena) como producto de reemplazo en calizas, Cuchilla de la Reina, distrito Galpón, Departamento Metán, provincia de Salta. Acta Geológica Lillona, 15(1): 13-19. Tucumán.
- Chomnals, R. y C.A. Giuliani, 1978. Estudio geológico-mineralógico de las manifestaciones de cobre de Yangaso, departamento Santa Catalina (provincia de Jujuy) Argentina. Séptimo Congreso Geológico Argentino, Actas I: 185-198. Buenos Aires.
- Chong Díaz, G., 1984. Die Salare in Nordchile-Geologie, Struktur und Geochemie. Geotektonische Forschungen, 67(1-2): 1-146. Stuttgart.
- Danieli, C.A. y J.S. Porto, 1975. Reseña sobre algunos depósitos de manganeso en los complejos sedimentarios del Cretácico Superior y Terciario Superior en un sector del NW argentino. Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica Actas V: 237-243. Buenos Aires.
- Daroca, J., 1975. Informe final Área de reserva Taca-Taca, provincia de Salta. Dirección General de Fabricaciones Militares. Inédito. Buenos Aires.
- Darbyshire, D.P.F. y C.J.N. Fletcher, 1979. A Mesozoic alkaline province in eastern Bolivia. Geology, 7: 54-548. Boulder.
- Davis, J.R., K.A. Howard, S.L., Retten, G. Ericksen, G. Risacher, F. Alarcón H. Morales y R. Morales, 1978. Progress report on lithium related geologic investigations in Bolivia. Geological Survey, 65 p. Washington.
- De Launay, L., 1913. Traité de Metallurgie. Gites Mineraux et métalliferes. I: 241-288. París.
- De los Hoyos, ., 1978. Proyecto especial borateras de Guayatayoc. Servicio Minero Nacional. Informe Inédito. Buenos Aires.
- De Moussy, V.M., 1860. Description géographique et statistique de la Confédération Argentine. París.
- Deruelle, B., 1978. The Negros de Aras nueé ardente depossits: a cataclysmic eruption of Socompa Volcano (Andes of Atacama, Chile). Bulletin Volcanologique, 41(3): 175-186. Nápoles.
- Ericksen, G., G. Chong Díaz y T. Avila, 1976. Lithium resources of salares in the Central Andes. Geological Survey, Professional Paper, 1005: 66-74. Washington.
- Ericksen, G. y G. Stoertz, 1974. Geology of salars in N Chile. Geological Survey, Professional Paper,

811. Washington.
- Ericksen, G., J.D. Vine y R.A. Ballou, 1977. Chemical composition and distribution of Lithium-rich brines in Salar de Uyuni and nearby salars in SW Bolivia. *Energy*, 3: 355-363. London.
- Espisúa, E. y R. Amengual, 1983. Jureamento, un depósito estratoligado de cobre, plata y plomo, provincia de Salta, República Argentina. Segundo Congreso Nacional de Geología Económica, Actas I: 71-90. San Juan.
- Fernández, A., P.K. Hormann, S. Kussmaul, J. Meava, H. Pichler y T. Subieta, 1973. First petrologic data on young volcanic rocks of SW Bolivia. *Tschermaks mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 19: 149-172. Viena.
- Fernández, R.L., 1983. Nuevos hallazgos de rocas fosfáticas marinas en la Cordillera Oriental de la provincia de Jujuy, República Argentina. Segundo Congreso Nacional de Geología Económica, Actas I: 233-252. San Juan.
- Fernández, R.L., Urdaneta, A. y R.L. Díaz Taddei, 1984. Geología y estratigrafía del valle río Nío, provincia de Tucumán. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas I: 172-190. Buenos Aires.
- Fernández Lima, J.S. y C.O. Latorre, 1978. Metalogénesis de la provincia del Chubut. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 33(4): 355-369, discusión y réplica en 34(1): 83. Buenos Aires.
- Figuerola, L., 1972. Fotolineamientos y mineralización en el NOA. Primer Simposio Nacional de Geología Económica, Actas I: 107-124. Buenos Aires.
- Francis, P.W., R.S. Thorpe, S. Moor Bath, S. Kretzschmar y M. Hammill, 1980. Strontium isotope evidence for crustal contamination of calc-alkaline volcanic rocks from cerro Galán northwest Argentina. *Earth and Planetary Science Letters*, 48: 257-267. Amsterdam.
- Franklin-Geomines, 1983. Provincia de Salta. Evaluación de los Recursos Mineros. Consejo Federal de Inversiones. Informe final, I-IV. Salta.
- Frenguelli, 1928. Acerca del origen de los salares de la región de los desiertos de la Puna de Atacama. *Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, GAEA*, 3(1): 167-186. Buenos Aires.
- Frenguelli, 1929. Diatomee fossili delle conche saline del deserto Cileno-boliviano. *Società Geologica Italiana, Bollettino*, 47(10-14): 185-236. Roma.
- Frenguelli, 1930. Conclusiones geológicas de la región preandina de Salta. *Sociedad Científica de Santa Fé, Anales*, 2: 110-137. Santa Fé.
- Frutos, J., 1979. La razón Cu/Mo en los depósitos porfíricos en relación al grado de evolución tectónica de las cadenas orogénicas. Segundo Congreso Geológico Chileno, 2: C69-C88. Santiago.
- Frutos, J., 1982. La evolución metalogénica andina arco-asociada como consecuencia del desarrollo tectónico del borde móvil de la placa sudamericana. Tercer Congreso Geológico Chileno, E247-257. Buenos Aires.
- A.F. Galván y O.J. Ruiz Huidobro, 1965. Geología del Valle de Santa María, estratigrafía de las formaciones mesozoico-terciarias. Segundas Jornadas Geológicas Argentinas, Actas III: 217-230 (in Acta Geológica Lilloana, VII). Tucumán.
- Galliski, M.A., 1981. Estructura, mineralogía y génesis de las pegmatitas de "El Quemado", Salta, República Argentina. Universidad Nacional de Córdoba, Tesis. Inédito. Córdoba.
- Galliski, M.A., 1983a. Distrito minero El Quemado, departamentos La Poma y Cachi, provincia de Salta. I. El basamento del tramo septentrional de la Sierra de Cachi. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 38(2): 209-224. Salta.
- Galliski, M.A., 1983b. Distrito minero El Quemado, departamentos La Poma y Cachi, provincia de Salta. I. Geología de sus Pegmatitas. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 38(3-4): 340-380. Buenos Aires.
- Gay, H.D., C.E. Gordillo y N.A. Hillar, 1972. Howlita del Cerro Codo del Agua, Jujuy. *Asociación Geológica de Córdoba, Boletín*, 1: 130-132. Córdoba.
- Gebhard, J.A., A.R. Giudici y J. Oliver Gascón, 1974. Geología de la comarca entre el río Juramento y arroyo Las Tortugas, provincias de Salta y Jujuy, República Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 29(3): 359-375. Buenos Aires.
- Gorustovich, S.A., J.A. Salfity, D.G. Rubiolo y R.J. Sureda, 1985. Yacimiento Aguiliri (Puna Argentina). Depósito uranífero en rocas subvolcánicas terciarias. Cuarto Congreso Geológico Chileno, Actas II (3): 250-270. Antofagasta.
- Gutierrez, W.J., 1977. Estudio geológico del yacimiento plomo argentífero La California, departamento Los Andes, distrito de San Antonio de los Cobres, provincia de Salta. Universidad Nacional de Salta. Departamento de Ciencias Naturales, Seminario II. Inédito. Salta.
- Halpern, M. y S.O. Latorre, 1973. Estudio geocronológico inicial de rocas del noroeste de la República Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 28(2): 195-205. Buenos Aires.
- Hayase, K. y J. Prozzi, 1966. Génesis de los yacimientos de sillimanita de Tacuñil (Salta), parte I. Terceras Jornadas Geológicas Argentinas, Actas II: 151-171. Buenos Aires.
- Hayase, K. y J. Prozzi, 1970. Génesis de los yacimientos de sillimanita de Tacuñil en el departamento de Molinos, provincia de Salta, República Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 25(1): 45-62. Buenos Aires.
- Heredia, P.A., 1946. Estudio físico-químico de caolines argentinos (continuación). Universidad Nacional de Tucumán, Cuadernos de Mineralogía y Geología, 4-C3(15): 64-66. Tucumán.
- Herrera, A., 1965. Evolución geoquí-

- mica de las pegmatitas zonales de los principales distritos argentinos. Asociación Geológica Argentina, Revista, 20: 199-228. Buenos Aires.
- Herrera, W. y F. Rosado, 1980. Reconocimiento del área uranífera de Macusani. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe Inédito. Lima.
- Herrera, W. y F. Rosado, 1984. Geología y metalogénesis de los depósitos y manifestaciones uraníferas de Sudamérica. International Atomic Energy Agency, 219-237. Viena.
- Hollister, V.F., 1975. An appraisal of the nature and source of porphyry copper deposits. Minerals and Engineering, (7): 225-233. Johannesburgo.
- Hurlbut, C.S. Jr. y L.F. Aristarain, 1967a. Rivadavita $\text{Na}_2\text{MgB}_2\text{O}_4 \cdot 22\text{H}_2\text{O}$, a new borate from Argentina. The American Mineralogist, 52(3-4): 326-335. Washington.
- Hurlbut, C.S. Jr. y L.F. Aristarain, 1967b. Ezcurrite, $2\text{Na}_2\text{O} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: a restudy. American Mineralogist, 52(7-8): 1048-1059. Washington.
- Hurlbut, C.S. Jr., L.F. Aristarain y R. C. Erd, 1973. Kernite from Tincalaya, Salta, Argentina. American Mineralogist 58(5-6): 426-437. Washington.
- Hurlbut, C.S. Jr. y R.C. Erd, 1974. Aristarainite, $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{MgO} \cdot 6\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, a new mineral from Salta, Argentina. American Mineralogist, 59(7-8): 647-651. Washington.
- IBERGESA, 1982. Estudio de prefactibilidad. Yacimiento de azufre en Salta (Argentina). Ministerio de Asuntos Exteriores, Dirección General de Cooperación Técnica Internacional. Inédito. Madrid.
- Igarzábal, A.P., 1969. Estructura, mineralización y génesis del yacimiento plombo-argento-zincífero Pan de Azúcar, departamento Rinconada, provincia de Jujuy. Cuartas Jornadas Geológicas Argentinas, Actas I: 371-396. Buenos Aires.
- Igarzábal, A.P., 1981. El sistema glaciológico de la cuenca superior del río Juramento, provincia de Salta. Octavo Congreso Geológico Argentino, Actas IV: 167-183. Buenos Aires.
- Igarzábal, A.P. (en prensa). Rol hidrológico de las turberas de montaña como estructuras criogénicas en las regiones de Puna y Cordillera Oriental. Instituto de Nivología y Glaciología, Anales, 6.(1984a). Mendoza.
- Igarzábal, A.P., 1984b. Origen y evolución morfológica de las cuencas evaporíticas cuaternarias de la Puna argentina. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas III: 595-607. Buenos Aires.
- Iñiguez, J.H., 1976. Perfil geológico del tramo inferior del arroyo San Alejo (departamento La Caldera, provincia de Salta). Universidad Nacional de Salta, Departamento de Ciencias Naturales, Seminario I. Inédito. Salta.
- Iturriza, R., 1981. Perfil geológico de arroyo Los Noques, Sierra del Castillejo. Universidad Nacional de Salta, Departamento de Ciencias Naturales, Tesis Profesional. Inédita. Salta.
- Johan, Z y P. Pícot, 1982. La pirquitasita, $\text{Ag}_2\text{ZnSnS}_4$, un nouveau membre su groupe de la stannite. Bulletin de Mineralogie, 105(3): 229-235. París.
- Keidel, J., 1922. Sobre la influencia de los cambios cuaternarios en el relieve de la región seca de los Andes centrales y septentrionales de la República Argentina. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, Boletín, Serie F, 5(1), 19 p. Buenos Aires.
- Kilmurray, J.O. y L. Dalla Salda, 1977. Caracteres estructurales y petrológicos de la región central y sur de la sierra de San Luis. Museo de La Plata, Obra del Centenario, 4: 167-178.
- Kittl, E., 1925. Los yacimientos auríferos de la sierra de la Rinconada, provincia de Jujuy. Academia Nacional de Ciencias, Boletín, 28: 107-132. Córdoba.
- Kittl, E., 1931. Los yacimientos auríferos de la República Argentina. Revista Minera, 3(4): 1-97; 3(5): 129-135; 3(6): 161-190; 3(7): 193-222; 4(1): 1-29. Buenos Aires.
- Kittl, E., 1965. Sobre los ciclos metalogenéticos de la Argentina. Minería, 27(2): 21-27. Castelar.
- Kittl, E., 1966. Características de los yacimientos metalíferos y los ciclos metalogenéticos en la Argentina. Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Comunicaciones, Geología, 2(1): 1-13. Buenos Aires.
- Klerkx, J., S. Deutsch, H. Pichler y W. Zeil, 1977. Strontium isotope composition and trace elements data bearing on the origin of cenozoic volcanic rocks of central and southern Andes. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2: 48-71. Amsterdam.
- Laffite, P., F. Permingeat y P. Routhier, 1965. Cartographie metallogénique, metallotecte et géochimie régionale. Société Française de Mineralogie et Cristallographie, Bulletin, 88: 3-6. París.
- Leanza, A.F., 1972. Prospección de rocas fosfáticas en la Argentina para la fabricación de fertilizantes. Idea, 291: 53-60. Buenos Aires.
- Lehmann, B., 1979. Schichtgebundene Sn-Lagerstätten in the Cordillera Real Bolivien. Berliner Geowiss, Abhandlungen, 14: 1-135. Berlín.
- Lehmann, B. y H. Pichler, 1980. Tin distribution in mid-andean volcanic rocks. Mineralium Deposita, 15: 35-39. Berlín.
- Liboutri, L., O. González y J. Simken, 1958. Les glaciers du desert rocks. International Association of Scientific Hydrology. Assemblée Generale de Toronto, 4. Quebec.
- Linares, E., 1961. Los métodos geocronológicos y algunas edades de la Argentina por medio de la relación plomo-uranio. Asociación Geológica Argentina, Revista, 14(3-4): 181-217. Buenos Aires.
- Linares, R., 1975. Catalogo de edades radiométricas determina-

- das para la República Argentina. Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial, Serie B, 3, 42 p. Buenos Aires.
- Linares, E., 1977. Catálogo de edades radiométricas determinadas para la República Argentina. Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial, Serie B, 4, 38 p. Buenos Aires.
- Linares, E., 1979. Catálogo de edades radiométricas determinadas para la República Argentina. Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial, Serie B, 6, 32 p. Buenos Aires.
- Lindgren, W., 1933. Minerals Deposits. Mc Graw Hill, Nueva York, 930 p.
- Lizárraga, A.C., 1981. Minerales de plata y cobre en un conglomerado cuartario del departamento Susques, provincia de Jujuy. Octavo Congreso Geológico Argentino, Actas II: 739-753. Buenos Aires.
- Loss, C. y A. Giordana, 1952. Osservazioni sul proterozoico di Jujuy, Argentina. La formazione calcareo-carboniosa de León-Volcán. Società Italiana di Scienze Naturali, Atti, 41: 141-149. Milán.
- Lowell, J.D. y J.M. Guilbert, 1970. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. Economic Geology, 65(4): 373-408. Lancaster.
- Largo, C., 1974-1975. Informe sobre la prospección de recursos ferríferos en el área del Plan NOA I (provincias de Salta y Jujuy), I, II y III entrega. Dirección General de Fabricaciones Militares. Centro de Exploración Geológico Minero. Inédito. Buenos Aires.
- Llambías, E.J., A.M. Sato y S. Tomsic, (en prensa). Geología y quimismo del stock del nevado de Acay y vulcanitas asociadas. Asociación Geológica Argentina, Revista (1984). Buenos Aires.
- Malvicini, L., 1978. Las vetas de estaño y plata de Minas Pirquitas (Pircas). Provincia de Jujuy, República Argentina. Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, Revista, 9(1-2): 1-25. Buenos Aires.
- Malvicini, L., 1985. La mina de hierro del nevado de Acay, provincia de Salta, un depósito tipo Skarn. Asociación Geológica Argentina, Revista, 40(1-2): 89-91. Buenos Aires.
- Malvicini, L. y E. Llambías, 1982. El magmatismo mioceno y las manifestaciones metalíferas asociadas en Argentina. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Actas III: 547-566. Buenos Aires.
- Marinovic, N., 1979. Geología de los cuadrángulos Zapaleri y Nevados de Poquis, II Región. Antofagasta. Universidad de Chile. Departamento de Geología, Tesis. Inédita. Santiago.
- Marquillas, R.A., 1984. La Formación Yacoraite (Cretácico Superior) en el Río Juramento, Salta: Estratigrafía y ciclicidad. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas V: 186-196. Buenos Aires.
- Marquillas, R.A., 1985. Estratigrafía, petrología y paleoambientes de la Formación Yacoraite (Cretácico Superior) en el tramo austral de la cuenca, norte argentino. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales, Tesis. Inédita. Salta.
- Mastandrea, O. y H.A. Leanza, 1975. Los estratos con Llingula del norte argentino como fuentes de fosfatos. Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas II: 445-460. Buenos Aires.
- Meave, J., 1972. Estratigrafía del Terciario en la región de los Lipez, Bolivia. Sociedad Geológica de Bolivia, Boletín, 18. La Paz.
- Meilán, D., 1980. Informe técnico sobre la mina de baritina Mono Abra. Banco Nacional de Desarrollo. Inédito. Buenos Aires.
- Méndez, V., 1974. Estructuras de las provincias de Salta y Jujuy a partir del meridiano 65° 30' Oeste, hasta el límite con las Repúblicas de Bolivia y Chile. Asociación Geológica Argentina, Revista, 29(4): 391-424. Buenos Aires.
- Méndez, V. y L. Villar, 1977. Edad de los filones ultrabásicos (alnoitas) del río Piedras, sierras Subandinas de la provincia de Salta y Jujuy. Asociación Geológica Argentina, Revista, 32(1): 77-79. Buenos Aires.
- Méndez, V. y L. Villar, 1975. Los filones ultrabásicos del río Piedras, sierras Subandinas de Salta y Jujuy. Sexto Congreso Geológico Argentino, Actas II: 119-130. Buenos Aires.
- Méndez, V., J.C.M. Turner, A. Navarini, R.E. Amengual y V.O. Viera, 1979. Geología de la región noroeste, provincias de Salta y Jujuy. Dirección General de Fabricaciones Militares. 118 p. Inédito. Buenos Aires.
- Méndez, V. y E. Zappettini, 1984. Los pórfidos de cobre de la República Argentina. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas V: 589-610. Buenos Aires.
- Menoyo, E.A. y J.H. Padula, 1972. Manganeso. Servicio Nacional de Minería y Geología, 8(21): 23-69. Buenos Aires.
- Meregaglia, J.A., 1978. Estudio geológico-minero del yacimiento Acazoque, departamento Los Andes, provincia de Salta. Universidad Nacional de Salta. Departamento de Ciencias Naturales, Tesis Profesional. Inédita. Salta.
- Mir, C. y J. Mancini, 1973. Área de Reserva N°13 El Oculto, provincia de Jujuy. Informe final. Centro de Exploración Geológico Minero. Dirección General de Fabricaciones Militares. Inédito. Buenos Aires.
- Mirré, J.C., 1974. El granito de Acay, intrusivo de edad terciaria en el ambiente de Puna. Asociación Geológica Argentina, Revista 29(2): 205-212. Buenos Aires.
- Mitchell, A.H.G. y J.D. Bell, 1973. Island-arc evolution and related mineral deposits. Journal of Geology, 81(4): 381-405. Chicago.
- Mitchell, A.H.G. y M.S. Carson, 1981. Minerals deposits and global tectonic settings. Academic Press. 405 p. Londres.

- Mon, R. y L. Suayter, 1973. *Geología de la sierra de San Javier*, provincia de Tucumán, Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 12(10): 155-168. Tucumán.
- Monchablon, A., 1976. Informe técnico. Servicio Minero Nacional. Inédito Buenos Aires.
- Morello, C., 1983. Prospecto Custodio. Shell. Informe inédito. 48 p. Salta.
- Moreno, J.A., 1970. Estratigrafía y paleogeografía del Cretácico Superior en la cuenca del Noroeste Argentino, con especial mención de los Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 25(1): 9-44. Buenos Aires.
- Moreno Espelta, C. y J.E. Arias, 1982. Geología del área termal de El Ceibal departamento La Candelaria, provincia de Salta, República Argentina. *Instituto de Ciencias Geológicas, Revista*, 4: 85-96. Jujuy.
- Moreno Espelta, C., J.E. Arias y A. Chávez, 1979a. Geología del área termal de El Sauce, departamento General Güemes, provincia de Salta, República Argentina. *Instituto de Ciencias Geológicas, Revista*, 3: 97-118. Jujuy.
- Moreno Espelta, C., J.E. Arias y A. Chávez, 1979b. Geología del área termal de Reyes, departamento Capital, provincia de Jujuy, República Argentina. *Instituto de Ciencias Geológicas, Revista*, 3: 161-172. Jujuy.
- Moreno Espelta, C., J.E. Arias y Angel Chávez, 1981. Geología del área termal de Santa Bárbara, provincia de Jujuy, República Argentina. *Octavo Congreso Geológico Argentino, Actas III*: 713-732. Buenos Aires.
- Moreno Espelta, C., Angel Chávez y J.E. Arias, 1980. Geología del área termal de Pompeya, departamento de Los Andes, provincia de Salta, República Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 15(2): 21-34. Tucumán.
- Moreno Espelta, C., J.G. Viramonte y J. E. Arias, 1975. Geología del área termal de Rosario de la Frontera y sus posibilidades geotérmicas. *Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas IV*: 543-560. Buenos Aires.
- Muessig, S., 1966. Recent South America Borate Deposits in J.L. Rau (Editor). *Second Symposium on Salt*, I: 151-159. Cleveland.
- Muessig, S. y R. Allen, 1957. Ezcurreite ($2\text{Na}_2\text{O} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) a new sodium borate from Argentina: occurrence, mineralogy and associated minerals. *Economic Geology*, 52: 426-437. Lancaster.
- Nedumov, I.B., 1964. The precess of differentiation of pegmatitic melt and the role of tectonic in the formation of metal pegmatites. *22th International Geological Congress, Section VI: Mineral and genesis of pegmatites*, 116-139. París.
- Nemec, V., 1970. Exploration strategy with regard to regular structural patterns. *Geoindustria*. Praga.
- Nicolini, P., 1970. *Citologie des concentration minérales stratiformes*. Gauthier Villars. París.
- Nicolli, H., 1981. Geoquímica de aguas y salmueras de cuencas evaporíticas de la Puna. *Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Anales*, 33: 171-190. Buenos Aires.
- Nicolli, H., J. Suriano, J. Kimsa y A. Brodtkorb, 1980. Geochemical characteristics in evaporitic basins, Argentine Puna. *26th Congress Géologique International, Section 10*. París.
- Nicolli, H., J. Suriano, V. Mendez y M. Gómez, 1982. Salmueras ricas en metales alcalinos del salar Hombre Muerto, Catamarca, Argentina. *Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Actas III*: 187-204. Buenos Aires.
- Novarese, V., 1983. Los yacimientos auríferos de la Puna de Jujuy. *Sociedad Científica Argentina, Anales*, 35: 89-116. Buenos Aires.
- Olivieri, J.C., 1971. Mapa y ciclos metalogenéticos en la provincia de San Juan. *Primer Simposio Nacional de Geología Económica, II*: 435-448. Buenos Aires.
- Olsacher, J., 1938. Los minerales de la sierra de Córdoba. *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Boletín*, 1: 85-146. Córdoba.
- Olsacher, J., 1942. Los yacimientos minerales de Córdoba. *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Boletín*, 5(1-2). Córdoba.
- Omarini, R., J.A. Salfity, E. Linares, J.G. Viramonte y S.A. Gorustovich (en prensa). Petrología, geoquímica y edad de un filón capa lamproítico en el Subgrupo Pirgua (Alemania, Salta). *Instituto de Ciencias Geológicas, Revista* (1984). Jujuy.
- Omarini, R., J.G. Viramonte, H. Cordani, J.A. Salfity y K. Kawashita, 1984. Estudio geocronológico Rb/Sr de la faja eruptiva de la Puna en el sector de San Antonio de los Cobres, provincia de Salta. *Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas III*: 146-158. Buenos Aires.
- Ortiz, A., 1962. Estudio geológico de las sierras de Castillejo, departamento Capital, provincia de Salta. *Universidad Nacional de Tucumán, Tesis*. Inédito. Salta.
- Oyarzún, J. y J. Frutos, 1980. Metallogenesis and porphyry ore deposits of the Andes. (Southeastern Pacific Region). *26th Congress Geologique International, Colloquium: Mineral Resources; Panel: Distribution of Deposits in Space and Time*. 16 p. París.
- Pages, C., 1967. Informe sobre los depósitos de sillimanita de Tacuñ, provincia de Salta. *Instituto Nacional de Geología y Minería*. Inédito. Buenos Aires.
- Pancetti, N., O. Maré, E. Ramallo y C. Lurgo, 1975. Exploración de los recursos fosfáticos del noroeste argentino (Salta-Jujuy). *Dirección General de Fabricaciones Militares Centro de Exploración Geológico Minero II*. Inédito. Salta.
- Pelayes, H.A., 1981. Estudio geológico-económico de los depósitos minerales La Poma y Diana departamento La Poma, Provincia de Salta. *Universidad Nacional de Salta*.

- Departamento de Ciencias Naturales, Tesis Profesional. Inédita. Salta.
- Peralta, B., 1980. Migración selectiva de sales en algunos salares de la Puna argentina. *Panorama Minero*, 23: 18-25. Buenos Aires.
- Peralta, E.H., 1984. El área metalogénica puneña. Universidad Nacional de Catamarca. Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas. Inédito. Catamarca.
- Petersen, U., 1965. Regional geology and major ore deposits of central Perú. *Economic Geology*, 60(3): 407-476. Lancaster.
- Picchetti, J., 1980. Yacimiento de natrón de la laguna Geschel. *Minería*, 209: 29-32. Buenos Aires.
- Polanski, J., 1965. The maximum glaciation in the Argentine Cordillera. *Geological Society of America, Special Paper*, 84: 453-472. Boulder.
- Poppi, R., 1978. Selección y evaluación de un salar para la localización de una planta de producción de sales varias. Universidad Nacional de Salta. Inédito. Salta.
- Poppi, R.F., R.J. Borla y F. Abán, 1977. Programa beneficio de minerales, evaluación de salares de Puna. I. Salares de la provincia de Salta. Universidad Nacional de Salta. Convenio NOA Industrial y Departamento de Ciencias Tecnológicas. Inédito. Salta.
- Powell, J.E. y R.M. Palma, 1981. Primer hallazgo de mamíferos en la Formación Río Loro, provincia de Tucumán y su significado cronológico. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 36(2): 208-212. Buenos Aires.
- Pozzo, A., 1962. La facies marginal de los sedimentos mesozoicos en el centro oeste de la provincia de Salta. Su relación con manifestaciones uraníferas. *Primeras Jornadas Geológicas Argentinas, Actas II*: 257-266. Buenos Aires.
- Putzer, H., 1976. *Metallogenetische Provinzen in Südamerika*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 316p. Stuttgart.
- Quartino, B., 1960. Acerca de una tinguaita de Iruya (provincia de Salta) y de las rocas alcalinas del noroeste argentino. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 15(3-4): 145-157. Buenos Aires.
- Quartino, B., R. Zardini y R. Llorente, 1971. Estudio geológico económico de los yacimientos de perlita Taurus y Anfitrite, salar de Pocitos, provincia de Salta. *Primer Simposio Nacional de Geología Económica, Actas II*: 337-350. Buenos Aires.
- Quiroga, G.A., 1982. Estudio mineralógico de piromorfita, mimetesita y hemimorfita de la zona de oxidación de la veta Diana. Departamento La Poma, provincia de Salta. Universidad Nacional de Salta, Departamento de Ciencias Naturales. Inédito. Salta.
- Ramallo, E., 1973. Área de Reserva Santa Inés N°21, provincia de Salta. Dirección General de Fabricaciones Militares. Inédito. Salta.
- Ramdohr, P., F. Ahlfeld y F. Berndt, 1959. Angelellit, ein natürliches triklines Eisen Arseniat, $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{As}_2\text{O}_5$. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 7: 145-151. Stuttgart.
- Ramos, E.D. y V.O. Ramos, 1979. Los ciclos magmáticos de la República Argentina. Séptimo Congreso Geológico Argentino, Actas I: 771-786. Buenos Aires.
- Rapela, C.W., 1976. Las rocas granitoides de la región de Cafayate, provincia de Salta. Aspectos petrológicos y geoquímicos. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 31(4): 260-278. Buenos Aires.
- Reichert, F., 1907. Los yacimientos de boratos y otros productos minerales explotables del territorio de los Andes (Puna de Atacama). Ministerio de Agricultura, Anales, Sección Geología, Mineralogía y Minería, 2(2): 1-62. Buenos Aires.
- Reinoso, M., 1975. Tipología para las mineralizaciones de cobre asociadas a rocas sedimentarias. Sexto Congreso Geológico Argentino, Actas III: 145-163. Buenos Aires.
- Reinoso, M., 1980. Anomalías geoquímicas y litología, edad y estructura del ambiente que las contienen en el noroeste argentino. Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas III: 145-163. Buenos Aires.
- Reverberi, O., 1960. Estudio preliminar de la mina Santa María, paraje cerro Rincón, departamento Los Andes, provincia de Salta. Dirección Nacional de Geología y Minería. Inédito. Buenos Aires.
- Reverberi, O., 1961. Estudio preliminar azufrera Santa Bárbara distrito El Palmar, departamento Santa Bárbara, Jujuy. Dirección Nacional de Geología y Minería. Inédito. Buenos Aires.
- Reverberi, P., 1968a. Mina Edith, boratera de Coyaguaíma, distrito Coyaguaíma, Departamento Rinconada, provincia de Jujuy. Instituto Nacional de Geología y Minería. Inédito. Buenos Aires.
- Reverberi, O., 1968b. Boratera Turi Lari, distrito de Turi Lari, departamento Susques, provincia de Jujuy. Instituto Nacional de Geología y Minería. Inédito. Buenos Aires.
- Reverberi, O., 1968c. Contribución al estudio de los yacimientos de boratos de Argentina, Laguna de Guayatayoc, departamento de Cochabamba y Tumbaya, provincia de Jujuy. Instituto Nacional de Geología y Minería. Inédito. Buenos Aires.
- Reyes, F.C., J.A. Salfity, J.G. Viramonte y E. Gutiérrez, 1975. Consideraciones sobre el vulcanismo del subgrupo Pirgua, (Cretácico) en el norte argentino. Sexto Congreso Geológico Argentino, Actas I: 205-223. Buenos Aires.
- Rius, C. y E. Wleklinski, 1953. Informe sobre el yacimiento de la mina "Eureka" Departamento Santa Catalina, Jujuy. Dirección General de Fabricaciones Militares. Inédito. Buenos Aires.
- Rodríguez, J.C., 1981. Estudio geológico-económico con aplicación de cri-

- terios estadísticos del yacimiento de minerales de cobre Martín Bronce, departamento Santa Bárbara, provincia de Jujuy. Instituto de Ciencias Geológicas, Revista, 4: 123-142. Jujuy.
- Romani, R.R., 1957. Informe preliminar de la zona mangánifera de Ochaqui, departamento Pastos Grandes, provincia de Salta. Dirección General de Fabricaciones Militares. Inédito. Buenos Aires.
- Romani, R.R., 1961. Yacimiento dolomítico Tumbaya, Jujuy (Memoria sobre una experiencia de explotación con cálculo de reserva). Dirección Provincial de Minería. Inédito. Jujuy.
- Routhier, P., 1967. Le modele de la genese. Quelques concepts fondamentaux en Pétrologie et en Metallogénie. Modeles des theories metallogénétiques. Chronique des Mines et de la Recherche Minière, 363: 177-190. París.
- Ruiz Fuller, C., 1965. Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Instituto de Investigaciones Geológicas. 386 p. Santiago.
- Ruiz Huidobro, O.J., 1965. Descripción geológica de la Hoja 11c Santa María. Acta Geológica Lilloana, 8: 215-247. Tucumán.
- Russo, A., 1972. La estratigrafía terciaria del noroeste argentino. Quinto Congreso Geológico Argentino, Resúmenes: 29. Buenos Aires.
- Russo, A. y Serraiotto, 1979. Contribución al conocimiento de la estratigrafía terciaria en el noroeste argentino. Séptimo Congreso Geológico Argentino, Actas I: 715-730. Buenos Aires.
- Salfity, J.A., 1980. Desarrollo paleogeográfico del Paleozoico inferior del noroeste argentino. Reunión Anual Proyecto 44, Lower Paleozoic South America. Inédito. Lima.
- Salfity, J.A., 1982. Evolución paleogeográfica del Grupo Salta (Cretácico-Eogénico), Argentina. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Actas I: 11-26. Buenos Aires.
- Salfity, J.A., S.A. Gorustovich, M.C. Moya y R. Amengual, 1984. Marco tectónico de la sedimentación y efusividad cenozoica en la Puna argentina. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas I: 539-554. Buenos Aires.
- Salfity, J.A., S. Malanca, E.M. Brandán, C.R. Monaldi y M.C. Moya, 1984. La Fase Guandacólica (Ordovícico) en el norte de la Argentina. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas I: 555-567. Buenos Aires.
- Salfity, J.A., R. Omarini, B. Baldis y y W. Gutiérrez, 1975. Consideraciones sobre la evolución geológica del Precámbrico y Paleozoico del norte argentino. Segundo Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas IV: 341-361. Buenos Aires.
- Salinas, H.A., S.A. Gorustovich, R.G.F. Bustos, R. Guidi, V.G. Chiaradia y J.A. Burgos, 1982. Informe geológico-económico del distrito uranífero Tonco-Amblayo (Salta) período 1959-1981. Comisión Nacional de Energía Atómica. Departamento Regional Noroeste. Inédito. Salta.
- Sandruss, A., 1978. Estudio geológico-minero del yacimiento boratífero de Laguna de Guayatayoc, distrito Quebralaña, departamentos Cochinocha, Tumbaya, Provincia de Jujuy. Dirección Provincial de Minería. Inédito Jujuy.
- Santomero, A.M.O., 1963. Prospección radiométrica en la cuenca del Río Amblayo. Segundas Jornadas Geológicas Argentinas, Actas I: 167-182 (in Acta Geológica Lilloana 7). Tucumán.
- Schalamuk, I., R. Fernández y E. Etcheverry, 1983. Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región NOA (Provincias de Catamarca, Jujuy, La Rioja, Salta y Tucumán). Ministerio de Economía, Subsecretaría de Minería, Anales, 20: 1-208. Buenos Aires.
- Schlagintweit, O., 1943. La posición estratigráfica del yacimiento de hierro de Zapla y la difusión del horizonte glacial de Zapla en la Argentina y Bolivia. Minería, Geología y Mineralogía, 13(4): 115-127. Buenos Aires.
- Schneider-Scherbina, A., 1962. Über metallogenetische Epochen Boliviens und hybriden Charakter der sogenannten Zinn-Silber-Formation. Geologische Jahrbuch, 81: 157-170. Hannover.
- Schneider H.J. y B. Lehmann, 1977. Contribution to a new genetical concept on the Bolivian Tin Province in D.D. Klemm y H.J. Schneider (Editores). Time and strata-bound ore deposits. Berlín, Springer Verlag, 154-168.
- Schneiderhöhn, H., 1962. Erzlagerstätten Kurzvorlesungen zur Einführung und Wiederholung. Gustav Fisher Verlag, 371 p. Stuttgart.
- Schwab, K., 1971. Beobachtungen ein jungen Vulkanitvorkommen der argentinische Puna. Münsterche für Forschungen Geologia und Paläontologie, 20/21: 251-274. Stuttgart.
- Schwab, K., 1972. Cenozoic volcanism in the Argentine Puna and its relationship to tectonic movements. 24th International Geological Congress, Proceedings, Section 2 Petrology: 211-221. Montreal.
- Schwab, K., 1973. Die Stratigraphie in der Umgebung des Salar de Cauchari (NW Argentinien). Geotektonische Forschungen, 43: 1-168. Stuttgart.
- Schwab, K. y H. Lippolt, 1974. K/Ar mineral ages and late cenozoic history of the Salar de Cauchari area (Argentine Puna) in Andean and Antarctic Volcanology Problems. Symposium. International Association of Volcanology and Chemistry of the Earths Interior, Proceedings, 698-714. Nápoles.
- Servant-Vildary, S., 1978. Les diatomées des dépôts lacustres quaternaires de l'Altiplano bolivien, Premières interpretations paléoclimatiques. Orstom, Cahier, 10(1): 9-23. París.
- Sgrosso, P., 1935. Los yacimientos aluvionales de estaño del departamento Rinconada, provincia de Jujuy. Dirección General de Minas y Geología, Publicación, 110. Buenos Aires.
- Sgrosso, P., 1939. Los yacimientos estanníferos y de plata y estaño de la provincia de Jujuy. República

- Argentina. *Revista Minera*, 10(2): 43-64; 10(3): 65-69. Buenos Aires.
- Sgrosso, P., 1943. Contribución al conocimiento de la minería y geología del noroeste argentino. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minas y Geología, Boletín, 53. Buenos Aires.
- Sillitoe, R.H., 1972. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits. *Economic Geology*, 67: 184-197. Lancaster.
- Sillitoe, R.H., 1975. Lead-silver, manganese and native sulfur mineralization within a stratovolcano, El Quevar, northwest Argentina. *Economic Geology*, 70(7): 1190-1201. Lancaster.
- Sillitoe, R.H., 1976. A reconnaissance of the Mexican porphyry copper belt. *Institution of Mining and Metallurgy Transaction, Section B, Applied Earth Science*, 85: B170-189. Londres.
- Sillitoe, R.H., 1977. Permo Carboniferous, Upper Cretaceous and Miocene porphyry copper type mineralization the Argentine Andes. *Economic Geology*, 72(1): 99-103. Lancaster.
- Sillitoe, R.H., 1977. Metallic mineralization affiliated to subaerial volcanism: a review from: "Volcanic Processes in Ore Genesis. Geological Society. Institution of Mining and Metallurgy, 99-116. Londres.
- Spencer, F.N., 1950. The geology of the Aguilar lead zinc mine, Argentina. *Economic Geology*, 45(5): 405-433. Lancaster.
- Stappenbeck, R., 1918. Los yacimientos de minerales y rocas de aplicación en la República Argentina. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Minería, Geología e Hidrología. Boletín, Serie B, 19. Buenos Aires.
- Stegmann, E., 1942. La mina de oro "El Cóndor" en la provincia de Jujuy. *Industria Minera*, 16. Buenos Aires.
- Steinmann, G., 1910. Gebirgsbildung und Massengesteine in der Kordillere Südamerikas. Über gebundene Erzgänge in der kordillere Südamerikas. I. Die Kordillere. *Internationale Kongress Düsseldorf in Geologische Rundschau* 1: 13-16. Berlín.
- Stelzner, A., 1873. Mineralogische Beobachtungen im Gebiete der Argentinischen Republik. *Tschermaks Mineralogische, Mittheilungen*, 219-254. Viena.
- Stelzner, A., 1885. Contribución a la Geología Argentina (Traducción del Alemán). *Academia Nacional de Ciencias, Actas*, 8, 168 p. (1923-1924). Córdoba.
- Stipanovic, P., A. Belluco, H. Nicoll, S.A. Gorustovich, J.A. Salfity, A. Vullien, A. Suriano, M. Koukharski y E. Abril, 1984. Uranium occurrences in volcanic rocks of northwestern Argentina. *Tech. comm. meet on uranium deposits in volcanic pokcs. Paper IAEA-Tc, 490/13*. El Paso.
- Stipanovic, L.N. y E. Linares, 1967. Edades radiométricas determinadas para la República Argentina y su significado geológico. *Academia Nacional de Ciencias, Boletín*, 47(1): 51-96. Córdoba.
- Stoll, W., 1964. Metallogenic belts, center and epochs in Argentina and Chile. *Economic Geology*, 5(59): 126-135. Lancaster.
- Sureda, R.J. y G.C. Amstutz, 1981. Neue Untersuchungen über die schicht gebundenen Pb-Zn Lagerstätten in der Sierra de Aguilar, Provinz Jujuy, Argentinien. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, 1(3-4): 494-504. Stuttgart.
- Sureda, R.J., M.A. Galliski y S.A. Gorustovich, 1984. Los minerales de uranio y cobre en la manifestación nuclear Cajoncillo, provincia de Salta, República Argentina. *Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas VII: 407-417*. Buenos Aires.
- Suszczyński, E.R. y colaboradores (R. Ruy Derze, Compilador, 1972). Mapa metalogenético do Brasil: (Noticia explicativa da Legenda, 1973). Brasília.
- Svetliza, S.S. de, 1980. Estudio mineralógico y consideraciones genéticas del distrito minero: Pan de Azúcar, departamento Rinconada, provincia de Jujuy. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 35(3): 375-400. Buenos Aires.
- Toselli, A.J., 1981. Determinación preliminar del grado metamórfico en base a la cristalinidad de illita en algunas localidades del noroeste de Argentina. *Instituto de Ciencias Geológicas, Revista*, 4: 19-26. Jujuy.
- Toselli, A.J. y F.G. Aceñolaza, 1978. Geocronología de las Formaciones Puncoviscana y Suncho, provincia de Salta, Catamarca. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, (33(1): 76-80. Buenos Aires.
- Toselli, A.J. y F.G. Aceñolaza, 1984. Presencia de eruptivas basálticas en afloramientos de la Formación Puncoviscana, en Coraya, departamento Humahuaca, Jujuy. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 39(1-2): 158-159. Buenos Aires.
- Toselli, A.J. y E. Oyarzábal, 1984. Relación de la Formación Puncoviscana con el basamento metamórfico de la sierra de Quilmes. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 39(1-2): 156-157. Buenos Aires.
- Toselli, A.J. y Rossi de Toselli, 1977. El Plutón granítico de la sierra de los Cobres, provincia de Salta, Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 13(5): 169-186. Tucumán.
- Toselli, A.J., J. Rossi de Toselli y C.W. Rapella, 1978. El basamento metamórfico de la sierra de Quilmes, República Argentina. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 33(2): 105-121. Buenos Aires.
- Toubes, R.O., 1969. Informe sobre estudios realizados en el área del Tonco, con especial referencia al yacimiento "Don Otto", Salta. *Comisión Nacional de Energía Atómica. Informe Inédito*. Buenos Aires.
- Turneaure, F.S., 1955. Metallogenic provinces and epochs. *Economic Geology*, 50(1): 39-91. Lancaster.
- Turner, J.C.M., 1958. Estratigrafía del cordón de Escaya y de la sierra

- de Rinconada, Jujuy. Asociación Geológica Argentina, Revista, 13 (1-2): 15-40. Buenos Aires.
- Turner, J.C.M., 1960a. Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria, provincias de Salta y Jujuy. Academia Nacional de Ciencias, Boletín, 41: 163-196. Córdoba.
- Turner, J.C.M., 1960b. Estratigrafía del nevado de Cachi y sector al oeste, Salta. Acta Geológica Lilloana, 3: 191-226. Tucumán.
- Turner, J.C.M., 1964a. Descripción geológica de la Hoja 2b, La Quiaca (provincia de Jujuy). Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín, 103. Buenos Aires.
- Turner, 1964b. Descripción de la Hoja 7c, Nevado de Cachi, provincia de Salta. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín, 99. Buenos Aires.
- Tuttolomondo, F., 1982. Informe técnico interno. Sociedad Minera Pirquitas. Buenos Aires.
- UNESCO y Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 1968-1982. Carte métallogénique de l'Europe, 9 hojas. París.
- Universidad Nacional de Salta, 1982. Exploración geotérmica (fase de reconocimiento) en Puna salteña y cerro Galán, Salar de Antofalla (Catamarca). Inédito. Salta.
- Vallés, J.M., 1980. Contribución a la metalogénesis de la provincia de Río Negro. Sexto Congreso Geológico Argentino, 3: 179-200. Buenos Aires.
- Viera, O., 1975. Informe área de reserva N° 26 Organullo, provincia de Salta. Centro de Exploración Geológico Minera. Dirección General de Fabricaciones Militares. Inédito. Salta.
- Viera, O., 1984. Geología de la comarca de Eureka, departamento de Santa Catalina, provincia de Jujuy. Universidad Nacional de Tucumán, Tesis. Tucumán.
- Vila, T., 1974. Geología y geoquímica de los depósitos salinos andinos, provincia de Antofagasta. Universidad de Chile. Departamento de Geología, Tesis de Grado. Inédito. Santiago.
- Vilela, C., 1956. Descripción geológica de la Hoja 7d, Rosario de Lerma (provincia de Salta). Dirección Nacional de Minería, Boletín, 84. Buenos Aires.
- Vilela, C. y J. García, 1978. Descripción geológica de la Hoja 9e Amblayo, provincia de Salta. Servicio Geológico Nacional, Boletín, 150, 67p. Buenos Aires.
- Villar Fabre, J.F., A.M.O. Santomero y H.N. Lucero, 1957. Los minerales de thorio en la Argentina. Comisión Nacional de Energía Atómica. Inédito. Buenos Aires.
- Viramonte, J.G., R.N. Alonso, R. Gutiérrez y R.A. Argañaraz, 1984a. Génesis del litio en salares de la Puna argentina. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas III: 471-481. Buenos Aires.
- Viramonte, J.G., M.A. Galliski, V. Araña Saavedra, A. Aparicio, L. García Cacho y C. Martín Escorza, 1984b. El finivulcanismo básico de la depresión de Arizaro, provincia de Salta. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas III: 234-251. Buenos Aires.
- Viramonte, J.G., R.H. Omarini, V. Araña Saavedra, A. Aparicio, L. García Cacho y P. Párica, 1984c. Edad, génesis y mecanismos de erupción de las riolitas granatíferas de San Antonio de los Cobres, provincia de Salta. Noveno Congreso Geológico Argentino, Actas, III: 216-233. Buenos Aires.
- Viramonte, J.G., R.H. Omarini, V. Araña Saavedra, M. Figueroa Caprini, J.J. Marcuzzi y R. Seggiaro, 1983. Estudio geológico-tecnológico de los materiales puzolánicos de Los Patos, San Antonio de los Cobres, provincia de Salta, República Argentina. Segundo Congreso Argentino de Geología Económica, Actas I: 301-316. Buenos Aires.
- Viramonte, J.G., R.J. Sureda y M.A. Raskovsky, 1975. Rocas metamórficas de alto grado al oeste del salar Centenario, Puna salteña, República Argentina. Sexto Congreso Geológico Argentino, Actas II: 191-206. Buenos Aires.
- Vlasov, K.A., 1968. Genetic types of rare elements deposits. Academia de Ciencias U.S.S.R. Traducción Israel Program for Scientific Translations, III. Jerusalén.
- Watanabe, M., 1923. The geological distribution of ore deposits in Japan. Economic Geology, 18: 173-198. Lancaster.
- Zeil, W., 1979. The Andes. A geological review. Verlag von Gebrüder Borntraeger. 260 p. Berlín.
- Zuffardi, P., 1975. Evolución de las ideas sobre teorías genéticas en el último medio siglo. Simposio Internacional sobre Recursos Naturales no renovables de América Latina, II: 59-65. Caracas.

Recibido: 25 de julio de 1985
Aceptado: 17 de abril de 1986

RICARDO J. SUREDA
MIGUEL A. GALLISKI
JORGE DAROCA
Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177
4400 Salta
República Argentina

PEDRO ARGANARAZ
Dirección General de Minería
Ruta 9, camino a Vaqueros
4400 Salta